LEHRBUCH

DER

GEOLOGIE

UND

PETREFACTENKUNDE.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

LEHRBUCH

DER

GEOLOGIE

UND

PETREFACTENKUNDE.

ZUM GEBRAUCHE BEI

VORLESUNGEN UND ZUM SELBSTUNTERRICHTE

VON

CARL VOGT.

IN ZWEI BÄNDEN.

ZWEITER BAND.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN UND ANGEHÄNGTEN TAFELN.

DRITTE

VERMEHRTE UND GÄNZLICH UMGEARBEITETE AUFLAGE.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1871.

Benachrichtigung.

Die zu diesem Bande gehörigen Tafeln folgen mit der Schlusslieferung.

E. Gebilde der Neuzeit.

Wenn schon der Uebergang von den tertiären Bildungen zu den unmittelbar darauf liegenden Schichten nur ein langsamer und allmäliger ist, so dass sich eine sichere Grenze nirgend herstellen lässt, so ist dies noch um so mehr der Fall zwischen den Gebilden, welche man als quaternäre oder diluviale einerseits und als Erzeugnisse der jetzigen Epoche andererseits anzusehen gewohnt ist. Nirgend lassen sich auch nur Anhaltspunkte für eine Scheidung entdecken. Fauna und Flora sind dieselben; Thiere wie Gewächse zeigen sich nur insofern verschieden, als in den einzelnen Gebieten den klimatischen und örtlichen Veränderungen entsprechende Schwankungen sich nachweisen lassen, die schliesslich nur zu einer allmäligen Verarmung, namentlich der Fauna, führen. Aber auch diese Verarmung findet nicht zu bestimmten Zeiten, sondern in den verschiedenen Gebieten in verschiedenen Epochen Statt, und wenn auch einzelne Typen dabei zu Grunde gehen; so beruht sie doch bei der Mehrzahl auf einer Ortsveränderung und Auswanderung, deren Richtung wesentlich nach dem Norden und nach den höheren Gebirgen geht. Wenn wir daher in dem Nachfolgenden einerseits die älteren Schwemmgebilde, die Epoche der Eiszeit und die Höhlen unter dem Namen der quaternären Bildungen, die übrigen Schichtbildungen als Erscheinungen der Jetztwelt zusammenfassen, so geschieht dies nicht, weil wir zwischen beiden irgend eine Grenze erblicken, sondern nur deshalb, um die Darstellung in eine gewisse, freilich willkürliche Ordnung bringen zu können. §. 852.

9. Quaternäre Bildungen.

(Postpliocen; Pleistocen; Diluvialbildungen.)

Schon bei der Untersuchung des Crag an der Ostküste Englands wurde nachgewiesen, dass allmälig das Klima der nördlichen Erdhälfte, wenigstens in dem Meere kälter geworden sei, indem an die Stelle der südlichen Muscheln nach und nach nördliche Arten traten. Ganz §. 853.

dieselbe Erscheinung lässt sich aus dem Verhalten der Floren der verschiedenen Tertiärperioden nachweisen. Die Erkältung der nördlichen Erdhälfte nahm allmälig zu, erreichte einen gewissen Höhepunkt und sank dann wieder zurück, um endlich denjenigen klimatischen Verhältnissen Platz zu machen, welche jetzt herrschen. Mit dieser Veränderung des Klimas fanden zugleich ansehnliche Veränderungen des Niveaus Statt, die unter vielfachen Schwankungen innerhalb theils localer, theils mehr ausgebreiteter Grenzen im Allgemeinen zu dem Resultate führten, dass weit ausgedehnte Länderstrecken, welche sich unter Wasser befunden hatten, trocken gelegt wurden. Indessen war dieses Resultat kein durchgreifendes, da an einzelnen Stellen auch Senkungen stattfanden, so dass Theile des Continentes, welche bis dahin vereinigt waren, von einander getrennt wurden und Meeresengen entstanden, welche, wie die Strasse von Gibraltar und der Englische Kanal, früher nicht existirt hatten. Wenn wir, von den übrigen Erdtheilen, die noch nicht genauer untersucht sind, absehend, nur Europa und Nordamerika in das Auge fassen, so tritt uns im letztern Continente die fast gänzliche Trennung des mittlern Theiles von dem bis nach Canada sich erstreckenden Polarlande entgegen, indem namentlich die Umgebungen der nördlichen grossen Seen auf weite Strecken hin theils von dem Meere, theils von süssem Gewässer überdeckt waren, während andererseits die Südstaaten der Union noch zum grössten Theile sich unter dem Spiegel des Mexikanischen Meerbusens befanden. So finden sich zwischen New-York und Montreal mehr als hundert Fuss über dem jetzigen Seespiegel Muschelbecken, welche zum Theile Arten enthalten, die nördlicheren Breiten angehören und in mehreren hundert Fuss Tiefe zu leben gewohnt sind, während weiter in das Land hinein, am See Champlain, Erie und Ontario, mächtige Süsswasserablagerungen nachgewiesen sind, in welchen später die Flüsse durch ihre Auswaschungen terrassenförmige Absätze hervorbrachten.

§. 854. Was die Gestaltung von Europa und den angrenzenden Landestheilen betrifft, so tritt uns im Süden die wahrscheinlich vollständige Schliessung des Ländergürtels um das Mittelmeer und die Abtrennung dieses Gürtels von dem südafrikanischen Continente entgegen, indem die Sahara mit den angrenzenden, verschiedene Namen tragenden Wüstentheilen sich unter Wasser befanden. Der Untergrund dieser Wüsten besteht aus Ablagerungen von Lehm, Gyps und Sand, auf das Innigste von Steinsalz durchdrungen. Längs der ehemaligen Küstenränder an dem Südabhange des Atlas findet man die Strandbildungen von Rollkieseln und beweglichen Dünen, und im Innern der Sahara selbst verschiedene jetzt noch im Mittelmeere in geringen Tiefen lebende Muschelarten, wie die Löffelauster (*Ostrea cochlearis*) und die Herzmuschel

(*Cardium edule*). Den neuesten Messungen zufolge scheint sogar ein grosser Theil der Wüste noch jetzt unterhalb des Spiegels der See sich zu befinden, und dieser Umstand wird einen Fingerzeig geben für den Schluss, dass das seichte Saharameer durch überwiegende Verdampfung ausgetrocknet wurde, nachdem seine Verbindung mit dem Ocean durch die Hebung der marokkanischen Küstenkette unterbrochen worden war.

Wenn diese Abtrennung des Mittelmeergürtels von dem südafrikanischen Continente durch das Saharameer eine erwiesene Thatsache ist, so kann auf der andern Seite nicht in Zweifel gezogen werden, dass der Mittelmeergürtel selbst im continuirlichen Zusammenhange stand, mit Ausnahme vielleicht einer Lücke, welche gegenwärtig durch die Landenge von Suez geschlossen ist. Die Meerenge von Gibraltar existirte ohne Zweifel nicht. Wir finden auf beiden Seiten derselben dieselbe Fauna und Flora, namentlich dieselben Erdsäugethiere, und Gleiches ist der Fall hinsichtlich Siciliens und Italiens mit der gegenüberliegenden Küste von Afrika, wahrscheinlich auch hinsichtlich der beiden Ufer des Bosporus. Das Mittelmeer mag demnach aus mehreren ursprünglich von einander getrennten einzelnen Becken bestanden haben, von welchen einzelne durch Golfe tief in das jetzige Festland hineingriffen, wie z. B. im südlichen Frankreich längs der Rhone und im nördlichen Italien dem Thale des Po und seiner Zuflüsse entlang.

Nicht minder bedeutend sind die Veränderungen, welche die nörd- §. 855.
liche Hälfte unseres Continentes während der quaternären Periode erlitten hat. Fassen wir zuerst die Ausdehnung der Meere in das Auge, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass Grossbritannien mit der gegenüberliegenden französischen Küste zusammenhing und nur eine Halbinsel darstellte. Die geringe Tiefe des Canals, die absolute Identität der Thier- und Pflanzenarten auf beiden Seiten seiner Ufer liefern den vollständigsten Beweis dieser Behauptung.

Gehen wir weiter nach Osten, so sehen wir wahrscheinlich einen Theil von Holland mit dem Rheingolfe unter dem Meeresspiegel, dagegen die Südspitze Schwedens, Schoonen, mit den dänischen Inseln und dem Festlande Jütlands vereinigt und durch einen Meerescanal, der von Osten nach Westen in der Richtung des Sees Finja läuft, von dem skandinavischen Festlande abgetrennt. Die Südspitze Schoonens zeigt dieselben Thiere der Diluvialzeit wie in Dänemark, die dem übrigen Schweden und Norwegen fehlen, und während in ihr nur Festlandbildungen vorkommen, ist sie durch eine schmale Zone von glacialem Lehm, der in der See abgesetzt wurde, von dem Festlande getrennt. Ebenso existirte ohne Zweifel quer über den Eingang des Bottnischen Meerbusens herüber eine, aus silurische Versteinerungen führenden Schichten gebildete Festlandbrücke, von welcher die Aaland-Inseln nur Ueberreste darstellen, während die Trümmer derselben bis nach Norddeutschland verführt wurden.

1*

§. 856. Im Innern des skandinavischen Festlandes finden wir zahlreiche Thatsachen, welche beweisen, dass in einer gewissen Periode dieser Zeit, welche derjenigen der Festlandbrücken gefolgt sein mag, die Meeresgewässer in allen Thälern bis zu einer bedeutenden Höhe anstiegen und dort Muschelbänke zurückliessen, die aus geschichteten Lehm- und Mergellagern bestehen und Muschelarten einschliessen, welche heutzutage nicht mehr in der Nähe der skandinavischen Küsten, sondern nur in dem Eismeere leben. Diese Meeresablagerungen finden sich auf dem heutigen Festlande in sehr verschiedenen Höhen, die zwischen 50 und 1000 Fuss wechseln, so dass demnach kein allgemeiner Rückzug des Meeres, sondern vielmehr Schwankungen in der Hebung des Festlandes aus dem Meere heraus stattgefunden haben müssen. Die eigentlichen Muschelbänke, über welchen, nach den Beobachtungen von Sars, häufig noch 500 bis 600 Fuss Wasser stehen mussten, gehen nur etwa in die Höhe von 500 Fuss hinan, zeigen aber um so mehr spitzbergische und grönländische Arten, in je höherem Niveau sie sich finden. Ausser diesen Muscheln hat man an verschiedenen Orten Skelette von Walthieren und Stosszähne vom Mammuth gefunden. Als besonders charakteristische nordische und circumpolare Arten in diesen Bänken werden aufgeführt: *Tritonium despectum; Trophon (Murex) clathratum; Buccinum groenlandicum; Natica clausa, groenlandica; Siphonodentalium vitreum; Pecten islandicus; Lima excavata; Arca raridentata var. major; Astarte arctica; Panopaea norvegica; Lophelia prolifera.*

§. 857. Während das Meer in dieser Weise tief in das Innere des skandinavischen Festlandes eindrang, bedeckte es den grössten Theil des nordeuropäischen Flachlandes und bildete hier einen Arm des Eismeeres, von welchem das Weisse Meer, der Onega- und Ladogasee, der Finnische und Bottnische Meerbusen und die Ostsee die Ueberreste sind. Die Ufer dieses Meeres können ziemlich genau bestimmt werden durch ähnliche geschichtete Ablagerungen mit Meeresmuscheln, sowie durch grosse Blöcke nordischer Gesteine, welche durch Eisberge geflösst innerhalb dieses Meeres strandeten.

Sowohl in Ost- als auch namentlich in Westpreussen hat man, namentlich im Weichselthale, in den Sandschichten Muschelbänke gefunden, aus denen bis jetzt etwa ein Dutzend Arten bekannt sind, von denen die meisten (*Ostrea edulis*, *Corbula gibba*, *Mactra subtruncata*, *Scrobicularia piperata*, *Venus virginea*, *Cyprina islandica*, *Buccinum reticulatum*, *Cerithium lima*) nur in der Nordsee oder im Grenzgebiete derselben mit der Ostsee vorkommen, während zwei (*Cardium edule*, *Tellina solidula*) zwar auch in der Ostsee, dort aber in einer dünnern, etwas veränderten Form sich finden, so dass also die marine Fauna der diluvialen Muschelbänke der Weichselgegenden eine entschiedene Nordseefauna ist.

Die Vergleichung der Muschelbänke in Norddeutschland, Dänemark und Skandinavien führt nach Lovén zu folgenden Schlüssen. Die innere Ostsee nördlich und östlich von einer Linie, die von Schonen nach Rügen gezogen wird, war ein östliches Eismeer, das mit dem Weissen Meere in Verbindung stand. — Gleichzeitig mit diesem östlichen Eismeere war die Nordsee ein entschieden artenreicheres westliches Eismeer, das bei Uddevalla und in Norwegen Bänke zurückliess. Beide waren durch die Verbindung Schonens und der dänischen Inseln mit Jütland getrennt. Später wurde die Ostsee gegen Osten und Nordosten abgesperrt, brakisch und süss, ihre Bewohner gingen grösstentheils zu Grunde. Nach der Bildung des Englischen Canals wanderten neue Arten von Westen her bis in das Kattegatt hinein.

Man unterscheidet fast in der ganzen norddeutschen Ebene drei von Sandschichten getrennte Thonablagerungen, die über einer mächtigen Schicht sehr feinen Sandes liegen. Die unterste Thonschicht, der geschiebefreie Diluvialthon, ist blaugrau bis schwarz, führt nur selten kleine Kreide- und Feuersteinbrocken, aber keine nordische Geschiebe, und scheint da zu fehlen, wo das Braunkohlengebirge der Oberfläche nahe tritt; die beiden Schichten von geschiebeführenden Thonen unterscheiden sich nicht in Beziehung auf die Geschiebe und den Thon, doch ist die untere Schicht häufig mehr schwarz oder graubraun, die obere mehr röthlich und gelblich. Ueber diesen Geschiebethonen liegt noch mehr oder minder mächtiger Decksand. §. 858.

Was das Material der ungeheuren Geschiebemassen in der norddeutschen Ebene betrifft, so hat Römer festgestellt, dass ausser den ungeheuren Trümmern krystallinischer Gesteine, wie Granit, Gneiss, Porphyr, Syenit, Glimmerschiefer etc., noch ebenso wie diese auf schwimmenden Eisbergen geflösste Bruchstücke folgender versteinerungsführender Gesteine aus dem Norden herübergeschafft wurden. Silurische Gesteine, meist von Oeland, Gothland, zum Theil auch von Schonen und von Esthland — einige derselben sind über das ganze Gebiet von Ostpreussen bis nach Gröningen in Holland verbreitet; devonische Gesteine aus Livland bis nach Stettin und Meseritz; Stücke des russischen Kohlenkalkes in Schlesien; Geschiebe aus dem braunen und weissen Jura, deren Gestein den im norddeutschen Jura vorkommenden Gesteinen nicht ähnlich ist, die also von einer grösstentheils zerstörten Juraablagerung herrühren müssen, von der noch einige Fetzen sich auf der Insel Gristow bei Cammin, in Lithauen und Kurland erhalten haben. Die Geschiebe dieser Formation überschreiten die Elbe nicht. Derselbe verschwundene Jura scheint auch der Wealdformation ähnliche Geschiebe geliefert zu haben. Sehr viele Geschiebe aus der dänischen und norddeutschen Kreide, besonders im Westen, nicht östlich von §. 859.

Königsberg; Tertiärgeschiebe mit Bernstein überall. Die Verbreitungsrichtung der Geschiebe ging also von Norden und Nordosten nach Süden und Südwesten und da die silurischen Kalkgeschiebe die häufigsten sind, so lässt sich schliessen, dass grosse anstehende Bezirke dieser Ablagerungen gänzlich vernichtet wurden.

Die südliche Grenzlinie, bis zu welcher die nordischen Blöcke geflösst wurden, beginnt westlich am Zuyder See bei Zwolle, geht dem Thale der Yssel entlang bis Arnheim, dann längs des rechten Rheinufers, das sie nicht zu überschreiten scheint, nach Düsseldorf und folgt dann nach Osten hin den Rändern des westphälichen Höhenzuges, des Haarstranges, Teutoburger Waldes, des Harzes, Erz-, Riesen- und Eulengebirges, des Tarnowitzer und Sandomirer Plateaus in der Weise, dass die Höhenlinie von 500 bis 600 Fuss über dem Meere auch die Südgrenze der Blöcke giebt. Dieselben dringen demnach in den Thälern der Elbe, Oder und Weichsel und deren südlichen Zuflüssen besonders weit nach Süden vor, bleiben aber um so weiter nach Norden zurück, je mehr die Ausläufer der Gebirge in das Tiefland vorspringen. Oestlich von Sandomir durch Polen und Russland hindurch lässt sich die übrigens nicht sehr genau festgestellte Blockgrenze nicht so leicht durch die Niveauunterschiede der Oberfläche erklären. Zamosz, Wladimir, Tschernigow, Orel, Kaluga, Woronesch, Tambow, Nischnei-Novgorod, Nikolk, Jarensk und die Südbucht des Busens von Tscheskaja dürften etwa die Grenzlinie bezeichnen, die namentlich im Thale des Don einen weit nach Süden vorspringenden Winkel macht. — Im Grossen und Ganzen zeigt also diese Linie eine Art von Kreisbogen, der sich um die skandinavische Halbinsel mit Finnland in weiter Entfernung herumschlingt und dessen Abstand von diesem einerseits die Ausdehnung des baltischen und norddeutschen Eismeers, andererseits die Grenze ergiebt, bis zu welcher die Eisflösse vor ihrem Abschmelzen gelangten.

§. 860. Die Beobachtungen im **Norden** haben nachgewiesen, dass in dem Beginne der quaternären Epoche das Festland wahrscheinlich ein höheres Niveau einnahm, also ausgedehnter war als selbst gegenwärtig, und dieser Periode der Erhebung mag die Existenz jener Landbrücken entsprechen, von welchen oben die Rede war. Vielleicht war damals der ganze Bottnische Golf Festland, während die Inseln Oeland und Gothland, Dagö und Oesel mit dem Festlande ebenfalls zusammenhingen. Später trat dann eine Periode der Senkung ein, die der ebenfalls geschilderten grössten Ausdehnung der Meere entsprach, welche dann wieder von einer Erhebungsepoche gefolgt war, als deren Resultat sich die heutige Bildung und Umgrenzung des Landes ergiebt. Wir finden Spuren ähnlicher Bewegungen auch an anderen Orten des Continentes, und eine der ausgezeichnetsten Localitäten in dieser Beziehung sind die

Küsten zwischen Cromer und Happisburgh in der englischen Grafschaft Norfolk. Dort liegt unmittelbar auf dem Crag und meist noch unter dem Niveau des Meeres die sogenannte Waldschicht (*Forest bed*), schwärzlicher fester Thon mit Braunkohle und Zwischenlagern von Sand, der bald Meeresmuscheln, bald Süsswassermuscheln enthält. In der untersten Schicht dieses Thones findet man noch ganze Baumstämme mit ihren Wurzeln und eine Menge von Pflanzenresten; namentlich Tannzapfen, welche beweisen, dass dort längs der Küste grosse Wälder sich hinzogen, welche später zum Theil unter das Niveau des Meeres gesenkt wurden. Alle Pflanzenreste gehören jetzt noch in der Gegend wachsenden Arten an, die Muscheln leben jetzt noch alle in dem Meere, in den Flüssen und Teichen der Umgegend. Man hat aus diesen Schichten grosse Sammlungen von Säugethierresten zusammengebracht, von welchen die einen (Schwein, Wolf, Bär, Auerochs, Rennthier, Biber, Walross, Narwal, Seehund, Walfisch) noch leben, die anderen aber gänzlich ausgestorben sind. Unter diesen ausgestorbenen Arten finden sich drei Elephanten (*E. primigenius*, *E. meridionalis* und *E. antiquus*), ein oder zwei Nashörner (*Rhinoceros Etruscus*), ein Flusspferd (*Hippopotamus major*), mehrere Hirsche, worunter namentlich der Riesenhirsch (*Megaceros giganteus*) u. s. w. Es lebten also diese ausgestorbenen Thierarten, die zum Theile südlichen Typen angehören, inmitten einer Vegetation und neben einer Meeresbevölkerung, welche von der jetzigen nicht verschieden waren. Erst über dieser Schichtenreihe folgt Sandlehm, an der Basis geblättert, oben in dichteren Massen, der hohe Klippen bildet, keine Reste von Organismen, dagegen eine Menge von Rollsteinen und grösseren Blöcken enthält, welche Spuren der Gletscherwirkung tragen und zu der sogenannte Driftformation gehören.

Einigermaassen ähnliche Verhältnisse hat man in der Schweiz bei §. 861.
Dürnten, Utznach und Wetzikon am Züricher See beobachtet. Dort finden sich blätterige Braunkohlen, sogenannte Schieferkohlen, in denen man die Rothtanne, die Föhre, Lerche, Eibe, Birke, Eiche, Haselnuss und Bergahorn, den Fieberklee, das gewöhnliche Schilfrohr, die Seebinse, Himbeere neben Knochen von *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Merkii*, vom Urochsen, Edelhirsch und Höhlenbär nachgewiesen hat. Aus der Art und Weise, wie die Tannzapfen zerbissen sind, schloss Heer auf die Gegenwart des Eichhörnchens. Süsswassermuscheln und Sumpfinsecten leben noch jetzt in der Umgegend. Ueber diesen Schieferkohlen, und zum Theil Schichten derselben einschliessend, finden sich Lager von Sand und Geröll und erst auf diesen letzteren die Findlingsblöcke, welche von den Gletschern fortbewegt worden sind.

Die angeführten Thatsachen, denen wir noch Beispiele aus anderen §. 862.
Ländern zufügen könnten, beweisen, dass unmittelbar auf die jüngsten

Tertiärschichten Ablagerungen folgten, welche genau dieselben Pflanzen und niederen Thiere enthalten, die jetzt noch in denselben Gegenden vorkommen. Zugleich aber lässt sich bemerken, dass diese Periode verhältnissmässig nur von kurzer Dauer war, dass die Kälte in der nördlichen Erdhälfte nach und nach zunahm und so auf unserer nördlichen Erdhälfte diejenige Periode eingeleitet wurde, welche wir mit dem Namen der Eiszeit bezeichnen. Da diese Periode nur dann verständlich wird, wenn wir die Gletscher selbst, wie sie sich jetzt darstellen, mit ihren Wirkungen auf den Boden kennen, so haben wir diese zuerst zu betrachten und dann daran die Erläuterung derjenigen Erscheinungen zu knüpfen, welche eine weitere Ausdehnung der Gletscher und eine zeitweilige Erkältung der ganzen nördlichen Erdhälfte nachweisen.

Die jetzigen Gletscher.

§. 863. Schnee und Eis bedecken die beiden Pole der Erde bis zu einer gewissen Breite in zusammenhängender Decke; in den kalten, gemässigten und heissen Zonen hingegen ist ihre dauernde Existenz an einige Bedingungen geknüpft, deren wesentlichste die Erhebung der Gebirge über den Meeresspiegel und die Abnahme der Temperatur in den höheren Luftschichten ist. Die höheren Gebirge sind deshalb bis auf eine gewisse Höhenlinie, deren Erstreckung indess mancher Schwankung unterworfen ist, mit ewigem Schnee und Eis bedeckt, welche im Sommer nicht abschmelzen. Bestimmende Ursachen der Höhe, in welcher bei einem speciellen Berge die untere Schneegrenze sich findet, sind noch besonders: die Temperaturdifferenzen der verschiedenen Jahreszeiten, indem durch heisse Sommer, auch bei verhältnissmässig sehr kaltem Winter, die Schneegrenze bedeutend hinaufgerückt wird, während ein Ort von gleicher mittlerer Jahrestemperatur mit verhältnissmässig kühlen Sommern und weniger kalten Wintern eine bei weitem niedere Schneegrenze zeigt; die Richtung der herrschenden Winde, ihre Berührung auf dem Wege mit Meer und Festland, trockenen oder feuchten Luftschichten, wodurch z. B. auf dem Südabhange der Alpen und des Himalaya die Schneegrenze weit tiefer hinabsinkt, als auf der Nordseite, weil die Winde von Norden über den trocknen Continent Europas und Centralasiens, die von Süden über das Meer heranstreichen und, mit Wasserdunst beladen, denselben an der Bergkette absetzen; die Stellung des Berges, seine Isolirung, die Gestalt seiner Abhänge, sein Verhältniss zu umliegenden Bergen. Auf einem isolirten Kegelberge mit schroffen Abhängen wird die Schneegrenze weit höher liegen, als an einem vielfach zerklüfteten Berge mit sanften Abhängen, kessel-

artigen Vertiefungen, der inmitten einer weitausgedehnten Kette sich findet.

Bei der Zusammenstellnng zahlreicher Messungen verschwinden in- §. 864.
dessen diese gleichsam zufälligen oder individuellen Verhältnisse der einzelnen Berge, und man hat jetzt aus mannigfaltigen Thatsachen folgende Angaben über die Höhe der Schneegrenze in verschiedenen Zonen.

	Breitegrad nach Norden.	Höhe in Metern.	
Unter dem Aequator bei Quito	0	4824	Südamerika.
Vulcan Puracé	2° 18′	4688	
Vulcan Tolima	4° 46′	4670	
Sierra Nevada di Merida	8° 5′	4550	
Abyssinien	13° 10′	4287	Afrika.
Mexico	19°	4500	Mittelamerika.
Himalaya (Nordabhang)	31°	5067	Centralasien.
„ (Südabhang)	31°	3956	
Hindu-Kho	34½°	3956	
Sierra Nevada de Granada	37° 10′	3410	Spanien.
Aetna	37½°	2905	Sicilien.
Argäus-Berg	38° 33′	3262	Kleinasien.
Ararat	39° 42′	4318(?)	
Pyrenäen	43°	2728	Europa.
Elbrnz (Kaukasus)	43° 21′	3372	Armenien.
Alpen	46°	2708	Mitteleuropa.
Altai	50°	2144	Mittelasien.
Unalaschka	53° 44′	1070	Kamtschatka.
Schevelutsch, Vulcan	56° 40′	1600	Aleuten.
Nördlicher Ural	59° 40′	1460	Sibirien.
Aldan	60° 55′	1364	
Norwegen	60 bis 62°	1560	Nordeuropa.
Oster Jökul	65°	936	Island.
Norwegen	67°	1266	Nordeuropa.
„	70°	1072	
„ (Insel Mageroe)	71°	750	
Bäreninsel	74° 30′	180	

Es zeigt sich aus dieser Tabelle, wie mit Zunahme der Breiten- §. 865.
grade nnd dem Fortschreiten gegen den Pol hin die Schneegrenze immer näher an das Niveau des Meeres hinabsinkt, trotz dem, dass sie dieselbe nie erreicht, da selbst an den Polen die Erde in der Nähe des Meeres auf eine kurze Zeit von ihrer Schneelage befreit wird.

Durch die Untersuchungen der neuesten Zeit sind namentlich die

in den Alpen befindlichen Schnee- und Eismassen, welche die tieferen Alpenthäler und die Hochregionen bedecken, nach allen Seiten hin auf das Genaueste untersucht worden, und wir wählen daher diese als typisches Beispiel, um später nachzuweisen, in welchem Verhältniss das Polareis und die Gletscher anderer Gebirge zu denen der Alpen stehen. (S. Tafel I., Fig. 776.)

Karte des Unteraargletschers.

a Firnfeld des Lauteraar. *b* Firnfeld des Finsteraar. *c* Firnfeld des unteren Grindelwaldgletschers. *d* Firnfeld des oberen Grindelwaldgletschers. *e* Oberaargletscher. *f* Mittelmoräne. *g* Aarfluss. *h* Schreckhorn. *i* Finsteraarhorn. *k* Oberaarbach. *l* Abschwung. *m* Ewigschneehorn. *n* Strahleck. *o* Seitenmoränen.

Die Eis- und Schneemassen der Hochgebirge zerfallen in mehre bestimmte Regionen, welche sich durch den verschiedenen Zustand des gefrorenen Wassers unterscheiden. Die höchsten Abhänge und steilen Wände sind von den Schneefeldern bedeckt, in welchen entweder ein feiner staubiger Schnee oder festes glattes Eis sich zeigt; die Hochthäler und tief eingeschnittenen weiten Reservoirs, welche unter den schroffen Kämmen sich finden, werden von diesem Schnee ausgefüllt, der in keiner Weise sich von dem Schnee unterscheidet, welcher auch in tieferen Regionen fällt. Nach und nach wird dieser Schnee durch die oberflächliche Schmelzung theilweise umkrystallisirt, wobei er zugleich bedeutend sich zusammensetzt und fester in seiner Masse wird. Durch diese Umwandlung wird der Schnee körnig und bildet dann jene Massen, die man in den Hochalpen mit dem Namen des Firn (*Névé*) bezeichnet. Bei fortdauernder abwechselnder Schmelzung und Gefrierung backt der Firn allmälig zu einem körnigen, blasigen Eise von milchiger Trübung zusammen, welches nach und nach durch stete Infiltration von Wasser, das aufs Neue gefriert, in compactes Gletschereis übergeht. Die Schneefelder der Hochregionen, der Firn und das Firneis bilden zusammen die über der Schneegrenze befindlichen Reservoirs, welche den amphitheatralischen Hintergrund der Alpenthäler ausfüllen, *a b* auf der Karte Fig. 776, und aus welchen die eigentlichen Gletscher ernährt werden. Diese verhalten sich etwa zu den Schnee- und Firnfeldern, wie ein Fluss zu dem See, der ihn ernährt; die Gletscher steigen durch die Alpenthäler hinab und, wie natürlich, steht ihre Länge und Grösse in geradem Verhältniss zu der Grösse und Ausdehnung der Firnfelder, von welchem aus sie ernährt werden. Die Entstehung der grossen Gletscher oder der Gletscher erster Ordnung, wie man sie genannt hat, hängt überhaupt von zwei Bedingungen ab, von der Existenz einer kesselförmigen Erweiterung im Hintergrunde des Thales, die nur eine schwache Bodenneigung haben darf, so dass die Schneemassen sich darin in grosser Menge anhäufen können, wie dies z. B. in den weiten Thalkesseln des Aletschgletschers, des Rhonegletschers, des Gornergletschers am Fusse des Monte Rosa der Fall ist, sowie von der

zweiten Bedingung, dass diese erweiterten Kessel in einer gewissen Höhe über der Schneelinie liegen, so dass die dort angesammelten Massen nicht alljährlich wegschmelzen können. Die hier beigefügte Abbildung (Fig. 777) des Gornergletschers giebt ein deutliches Bild einer solchen kesselförmigen Thalerweiterung am Fusse des Monte Rosa und des Gornerhornes, aus welcher der grosse Gletscher wie ein Strom durch die enge Thalspalte hervorbricht, welche den Riffelberg auf der linken Seite von dem zahnförmigen Vorsprung des Aufplatten genannten Berges trennt.

Fig. 777.



Ausser diesen grossen Gletschern giebt es in den Hochregionen auch noch Gletscher zweiter Ordnung, welche indessen nicht durch Thalrisse hinabsteigen, sondern weit ausgebreitet auf den Seiten der Hochgebirge hängen, gewöhnlich eine bedeutendere Neigung haben, sonst aber in ihrem physischen Verhalten ganz den grossen Gletschern gleichen.

In denjenigen Gebirgen, welche durch ihre südliche Lage oder physische Beschaffenheit keine grosse Ansammlung von Schnee in Hochthälern erlauben, finden sich nur Gletscher dieser Art, und unter den europäischen Ketten bieten die Pyrenäen hiervon das auffallendste Beispiel.

§. 866. Das Gletschereis ist, in Folge seiner Entstehung aus den Firnkörnern, aus einzelnen Fragmenten zusammengesetzt, welche ihm eine rauhe Oberfläche ertheilen. Diese Fragmente sind durch ein Netz von Haarspalten durchzogen, in welchen fast beständig Wasser circulirt, das theilweise gefriert und dadurch längs der grösseren Spalten Bänder blauen, ganz compacten, durchsichtigen Eises bildet. Das Gletschereis im Gegentheile enthält eine Menge von Luftbläschen, die um so zahlreicher sind, je näher das Eis dem Firneise steht, und die nach und nach besonders durch den Druck verschwinden, so dass an dem Gletscherrande das gänzlich blasenlose Eis nur noch aus einzelnen groben Fragmenten zusammengesetzt ist.

Die Firnmassen, welche in den kesselförmigen Hochthälern sich ansammeln, schmelzen theilweise während des Sommers, wo die Temperatur sich häufig über den Gefrierpunkt erhebt; während dieser Zeit werden durch Windwehen Massen von Sand und Staub in den Thälern und Reservoirs zusammengeführt und dadurch erscheint die Oberfläche des Firns unrein; so bilden sich denn förmliche Schichten, von denen jede den Schneefall eines Jahres repräsentirt und die durch dunkle Linien von Sand und feinem Staube von einander getrennt sind. Man sieht auf den Firnfeldern die Umrisse dieser Schichten, wie sie nach und nach thalabwärts zu Tage gehen. In Folge der Bewegung der Gletschermasse erhalten diese Schichtcontouren, welche durch die ganze Länge des Gletschers hin sich fortsetzen, verschiedene Gestalten, da der Gletscher in seiner ganzen Masse nicht gleichmässig vorrückt, und meist stellen sie Spitzbogen dar, deren Convexität thalabwärts gerichtet ist.

§. 867. Die Gletscher bewegen sich in ihrer ganzen Masse unaufhaltsam und beständig nach den Thälern hinab; ihrer Ausdehnung nach unten wird eine Grenze gesetzt durch die wärmere Temperatur, in welcher sie anlangen, und wodurch das Schmelzen des Eises bewirkt wird. Je grösser die von einem Firnfelde ausgehende Masse ist, desto mehr Zeit bedarf es auch, um dieselbe zu schmelzen, und desto weiter in die Tiefe rückt demnach auch der Gletscher vor. So kommt es, dass diejenigen Gletscher, welche ein im Verhältniss zu ihrer Thalöffnung sehr bedeutendes Firnfeld haben, selbst bis tief in diejenigen Regionen vorrücken, wo schon Getreide gepflanzt werden kann, wie dies z. B. bei dem Gornergletscher und dem untern Grindelwaldgletscher der Fall ist. Durch vergleichende Messungen, welche namentlich auf dem untern Aargletscher ausgeführt wurden, hat man nachgewiesen, dass für diese Bewegung der Gletscher von oben nach unten folgende allgemeine Gesetze gelten:

1. Die Bewegung der Gletschermitte ist schneller, als die der Ränder. Es verhält sich in dieser Beziehung der Gletscher durchaus wie ein Strom, in welchem ebenfalls das Wasser in der Mitte weit

schneller fliesst, als an den Rändern. Eine quer über einen Gletscher gezogene gerade Linie bietet deshalb nach einiger Zeit einen thalabwärts convexen Bogen dar, dessen mittlere Krümmung stets bedeutender wird. Der Aargletscher bewegt sich in der Höhe des Pavillon in der Mitte um 71 Meter, an den Rändern nur um 33 Meter im Jahre.

2. Die Bewegung geht ununterbrochen fort, steht aber im Verhältniss zu der Witterung. Bei kaltem Wetter ist das Vorrücken langsamer, als bei warmem; in strenger Winterkälte sinkt es auf ein Minimum zurück. Im Frühjahre, während der grossen Schneeschmelze, ist die Bewegung am bedeutendsten.

3. Das Maass der Bewegung ist für die einzelnen Gletscher verschieden in ihren verschiedenen Theilen. Der am genauesten untersuchte Aargletscher bewegt sich etwa in der Mitte seiner Länge am schnellsten, um 84 Meter jährlich, während nach unten hin die Bewegung graduell abnimmt und fast am Ende des Gletschers sich zu der genannten Summe verhält wie 23 zu 37. Eine natürliche Folge dieser nach unten abnehmenden Bewegung ist die graduelle Compression des Eises, welches nach dem Thalende hin stets dichter wird, so dass ein Cubikmeter Eis, am Ende des Aargletschers genommen, 72 Kilogramm mehr wiegt, als eine gleiche Masse in der Mitte seiner Länge ausgehauen. Das Eismeer bei Chamouny bewegt sich auf seiner weit stärker geneigten Unterlage dem Montanvert gegenüber etwa 147 Meter jährlich. Vergleichende Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verschiedenheit der Bewegung, welche man zwischen verschiedenen Gletschern oder auch zwischen verschiedenen Sectionen eines und desselben Gletschers beobachtet, eine Folge der Masse und der Neigung des Bodens sind, auf welchem sich diese Masse bewegt, weshalb denn auch ein grosser Gletscher, der eine gewaltige Masse besitzt, auf einem weniger geneigten Boden sich dennoch weit schneller bewegt, als ein kleiner dünner Gletscher auf einem stark geneigten Boden. Ueberhaupt bewegt sich ein Gletscher nur dann, wenn der Boden eine gewisse Neigung hat und wenn die Gletschermasse selbst durch infiltrirtes Wasser eine gewisse Schlüpfrigkeit besitzt, wodurch die einzelnen Fragmente beständig an einander hergleiten können. Die Gletscherbewegung selbst ist ein complexes Phänomen, das theils durch diese Plasticität und Schlüpfrigkeit der Fragmente des Gletschereises, theils durch die Neigung des Bodens und den Druck der Masse, vielleicht auch namentlich im Frühjahre durch den Ausdehnungsdruck des in den Haarspalten gefrierenden Infiltrationswassers bedingt wird.

Mit der Gletscherbewegung darf das Vorrücken des Gletscherendes §. 868.
nicht verwechselt werden. Die Gletschermasse bewegt sich beständig nach unten, das Abschmelzen verringert die Masse beständig, der Gletscher hört demnach an dem Punkte auf, wo beide Elemente einander

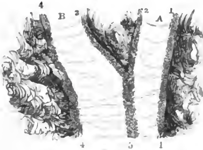
das Gleichgewicht halten. Treten kühle, regnerische Jahre ein, während welcher viel Schuee fällt und wenig abschmilzt, so tritt das zerstörende Element zurück und die Gletschermasse rückt weiter in das Thal herab; ist im Gegentheil das Abschmelzen überwiegend, so werden Theile des Thales entblösst, die vorher mit Eis überdeckt waren, und der Gletscher zieht sich scheinbar zurück, indem unten mehr von seinem Ende abschmilzt, als Masse von oben nachrückt. Die günstigsten Klimate für Eutwicklung und grosse Ausdehnung der Gletscher sind daher diejenigen, wo kühle Sommer und wenig kalte Winter herrschen und die Luft viel Feuchtigkeit enthält und niederschlägt; weshalb denn auf Inseln und am Meeresufer die Gletscher verhältnissmässig weit tiefer herabgehen, als in trockenen Klimaten. In den Alpen sind vielfache Beispiele solcher Oscillationen bekannt. Bis zum Jahre 1854 war der Bossonsgletscher im Chamounythal so weit vorgerückt, dass er die nächsten Wohnungen bedrohte. Seit dieser Zeit ist in Folge der trockenen Winter und heissen Sommer das Ende so weit zurückgewichen, dass es sich mehr als 500 Meter von den Häusern befindet. Der Vernagtferner im Oetzthale vereinigte sich im Sommer 1843 mit dem Rofenferner in ähnlicher Weise, wie dies in den Jahren 1667 und 1772 geschehen war. Das Vorwärtsrücken der vereinigten Gletscher nahm von Tage zu Tage zu, betrug im Sommer 1845 10 Meter täglich; die Eismassen sperrten das Thal und bildeten oberhalb einen See, der sich etwa zweimal im Jahre durch das Eis hindurch entleerte und die Bewohner des untern Theiles mit Ueberschwemmung bedrohte. Seit dem Jahre 1854 sind die beiden Gletscher wieder getrennt. Im September 1848 war der Aletschgletscher im Wallis weit in einen Tannenwald hineingerückt und hatte Bäume entwurzelt, welche über 200 Jahre alt waren; jetzt hat er sich wieder gänzlich zurückgezogen.

§. 869. Die Masse Eis, welche einen Gletscher bildet, ist oft ungeheuer. Es giebt in den Alpen Gletscher, deren Länge mehr als 5 Stunden beträgt, und man hat Stellen gemessen, wo das Eis eine Mächtigkeit von 800 Fuss oder mehr hatte. Die Breite der Eisströme ist meistens durch die Beschaffenheit der Thäler bedingt und deshalb in den Alpen meist weit bedeutender in der Höhe, an der Stelle der Firnfelder, als in den tieferen Gegenden.

§. 870. Alle Gletscher besitzen M o r ä n e n oder Steinwälle, welche aus Schutt und Trümmern der umgebenden Felsen zusammengesetzt sind. Man unterscheidet vier Arten von Moränen: Seitenmoränen oder Gandecken, Mittelmoränen oder Gufferlinien, Endmoränen oder Stirnwälle, tiefe oder Grundmoränen. Die S e i t e n m o r ä n e n (*o* auf der Tafel I., Fig. 776) bilden lange Linien von Wällen, welche von beiden Seiten her den Gletscher einfassen und längs der Ufer hin von dem Eise fortbewegt werden, auf welchem sie ruhen. Stossen zwei Gletscher in

demselben Thalbette zusammen, wie dies sehr häufig der Fall ist, so vereinigen sich die beiden einander zugewandten Seitenmoränen zu einer Mittelmoräne oder Gufferlinie, welche als langer Steinwall auf der Mitte des Gletschers fortgeschoben wird. In der Figur 778

Fig. 778.



seien *A* und *B* zwei Gletscher, welche in einem gemeinschaftlichen Thalbette zusammenstossen. Jeder dieser Gletscher hat seine Seitenmoränen: *A* die Moränen 1 und 2, *B* die Moränen 3 und 4; die einander zugewandten Moränen 2 und 3 vereinigen sich an dem Fusse des Felsspornes, welcher die beiden Gletscherarme trennt, zu der Mittelmoräne 5, während die beiden Seitenmoränen 1 und 4 als solche von dem vereinigten Gletscher fortgeführt werden. Die beigefügte Ansicht des Unteraargletschers, Fig. 779, zeigt die in der vorigen Figur im

Fig. 779.



Grundriss gegebene Gegend. Die links von dem Fusse des Finsteraarhornes, rechts vom Fusse des Schreckhornes aus dem Firnfelde der Lauteraar hervorbrechenden Gletscherströme vereinigen sich in der Mitte zu einer gewaltigen Gufferlinie, die bis zu dem Ende des Aargletschers anhält. Mit jedem neuen Zuwachse des Gletschers durch eine Vereinigung entsteht deshalb auch eine neue Mittelmoräne, und daher die Regel, dass ein Gletscher aus so viel einzelnen Zuflüssen zusammengesetzt ist, als er Mittelmoränen zeigt, wenn man zu diesen noch Eins hinzuzählt. Ein Gletscher mit einer Mittelmoräne, wie der Aargletscher, ist demnach aus zwei Armen, einer mit drei aus vier Armen zusammengesetzt u. s. w. (Siehe Tafel I., Figur 780.) Auf der Ansicht des Vieschgletschers in der Mitte seines Laufes sieht man sehr schön, wie die Mittelmoräne *aa*, allen Krümmungen des Gletscherthales folgend, sich stets in der Mitte des Gletschers erhält, während auf dem Aargletscher (Fig 776) die Mittelmoräne *ff* allmälig durch den mächtigern Gletscherarm des Finsteraar *b* nach der Seite hinübergeschoben wird. Die Endmoräne bildet einen Wall vor dem Thalende des Gletschers, dessen Zusammensetzung wir sogleich näher betrachten werden.

Fig. 780. Taf. I.

Der Vieschgletscher im Canton Wallis an dem südlichen Abhange des Finsteraarhornkammes.

aa Die Mittelmoränen. *b* Das Finsteraarhorn. *c* Das Firnfeld, welches den Gletscher ernährt und sich weit hinter den Felskämmen, die den Gletscher einschliessen, hinzieht.

Das Material der Moränen wird geliefert durch die Verwitterung der Felsufer, welche das Gletscherthal bilden. Je leichter diese zertrümmern, desto mehr Blöcke fallen auf den Gletscher und die fortschreitende Bewegung desselben führt dieselben zu Thal. Da die Blöcke, welche auf dem Eise getragen werden, mit demselben fortbewegt werden, wie auf einem Schlitten, so erleiden sie weiter keine Veränderungen und behalten deshalb ihre scharfen Ecken. Dies ist namentlich auffallend an den Gufferlinien, wo die Blöcke ganz frei auf dem Eise liegen, während die Blöcke der Seitenmoränen oft in Spalten zwischen den Gletscher und die Felswand gerathen und dort abgerundet werden. Es bleibt demnach ein durchgreifendes Gesetz, dass alle auf der Gletscheroberfläche fortbewegten Blöcke, welche die Moränen zusammensetzen, durchaus frische Bruchflächen und scharfe Ecken und Kanten behalten.

§. 871. Diejenigen Trümmer, welche durch Spalten auf den Gletscherboden oder zwischen den Gletscher und seine Uferwände fallen, werden unter der ungeheuren Eismasse, welche auf ihnen lastend sich fortbewegt, entweder zu feinem Sande zerrieben oder doch wenigstens abge-

rundet und geglättet, so dass sie einigermaassen Rollsteinen ähnlich sehen, nur mit dem Unterschiede, dass sie Streifen auf ihrer Oberfläche zeigen. Die Figur 781 zeigt eine Stelle an dem Eismeere des Mont-

Fig. 781.



blanc, welche der Angle genannt wird. Man sieht zwischen der Felswand und den Eismassen theils Steine und Gerölle eingeklemmt, theils Fragmente unter dem Eise auf dem Felsboden liegen, die allmälig zerrieben werden, während zugleich die Felswand selbst von dem fortschreitenden Eise gefurcht und geritzt wird.

Unter allen Gletschern findet sich eine solche Schlammschicht, aus Sand und Grand, grösseren und kleineren abgeriebenen und geritzten Fragmenten bestehend, welche beständig am Thalende durch die Bewegung des Gletschers ausgestossen und deren feinere Sandtheile und kleinere Gerölle durch den dem Gletscher entströmenden Bach theilweise weggeführt werden. Man hat diese Anhäufung Tiefen- oder Grundmoräne genannt. Aus ihr entnehmen die Gletscherbäche das aufgeschwemmte Material, welches ihnen die charakteristische Trübung ertheilt, die so lange anhält, bis der Fluss in einem Seebecken sich durch Absatz klärt. Wie bedeutend die Menge des so weggeführten Sandes sei, kann man daraus entnehmen, dass im Durchschnitte ein Cubikmeter Wasser, einige Meter unterhalb des Gletscherthores aus der Aar ge-

schöpft, 142 Gramme Sand in Suspension enthielt. Da nun in der Mitte Augusts die Aar während 24 Stunden 2 Millionen Cubikmeter Wasser lieferte, so folgt daraus, dass in dem Zeitraume eines Tages 284 374 Kilogramme aufgeschwemmten Sandes weggeführt wurden.

§. 872. Die abgerundeten und gestreiften Gerölle der Bodenschicht nebst dem von dem Bache nicht weggeführten Sande häufen sich vor dem Gletscher an und bleiben liegen, sobald dessen Thalende zurückweicht. Sie vermengen sich hier mit den Trümmern, die von dem Gletscher fallen, und bilden so die Endmoräne, welche mithin aus Sand, gestreiften Geröllen, Schlamm und zerriebenem Gesteine besteht, auf welchem die eckigen, scharfkantigen Fragmente abgelagert sind, welche von dem Gletscher und besonders den Mittelmoränen her sich der Endmoräne zugefügt haben. Diese bildet mithin einen aus zwei verschiedenen Elementen, geriebenen und scharfkantigen Trümmern, zusammengesetzten Wall, während die Seiten- und Mittelmoränen nur aus einfachen scharfkantigen Trümmern zusammengehäuft sind. Einen wunderschönen gürtelförmigen Wall dieser Art zeigte im Jahre 1839 der Vieschgletscher (Fig. 782).

Fig. 782.



Endmoräne des Vieschgletschers.
a Der Gletscher. *b* Die gürtelförmige Endmoräne. c Felswände des Thales.
d Der Gletscherbach. *e* Polirte und gestreifte Rundhöcker. *f* Wasserschliffe.

Da durch die Bewegung alle Gesteine, mögen sie auch noch so hoch oben im Gletscherthale anstehen, nach unten in das Thal gebracht werden, so bildet eine Moräne eine Sammlung aller Arten von Gesteinen, welche in der ganzen Ausdehnung des Gletscherthales sich finden

Wenn daher, wie es häufig der Fall ist in den Alpen, ein Gletscherthal hoch oben im Gneisse beginnt und durch Granit und Kalk sich fortsetzt, so liegen in der aus Kalk gebildeten Ausgangsöffnung Gneiss- und Granitblöcke auf dem Kalkboden.

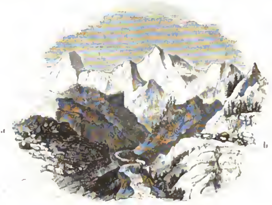
Die bei dem Abschmelzen des Gletscherendes zurückbleibenden Ablagerungen von Trümmern bilden theils ausgebreitete Lager auf dem Thalboden, von geritzten Rollsteinen, mit Sand und Grand gemengt, und einzelnen grösseren Blöcken darauf, theils hier und da concentrische Wälle, deren Convexität meist thalabwärts gerichtet ist, die im Ganzen die Form des unteren Gletscherendes abzeichnen und mit Wällen, welche sich längs der Seitenwände des Thales hinziehen, zusammenhängen. Die horizontalen Ablagerungen werden einzig von der Schlammschicht und ihren Rollsteinen gebildet, welche der Gletscher besonders bei schnellem Zurückweichen zurücklässt, nur hier und da einzelne Blöcke darauf zerstreuend; während bei längerem Stehenbleiben auf einer gewissen Grenze dort eine Menge Blöcke nach und nach angehäuft werden, welche dann einen concentrischen Wall bilden. Da das Zurückweichen der Gletscher durch die Abschmelzung bedingt ist, so bleiben auch die Seitenmoränen in gewisser Höhe über dem Thalgrunde überall liegen, wo der Abhang der Felswände ihnen einen Stützpunkt gewährt. Auch hier lässt der Gletscher bei schneller Abnahme nur einzelne Blöcke, während er bei längerem Anhalten in einem gewissen Niveau gehäufte Wälle zurücklässt, die besonders oft auf den Terrassen der Seiten der Thalwände sich zeigen. So zeigen sich auf den Thalwänden des Unteraargletschers die alten Seitenmoränen nur auf der Grenzlinie der Schliffläche, wo eine Terrasse ihnen einen Anhaltspunkt gewährt (s. Fig. 784 *b b*), während auf den steilen Flächen *c c* nur hier und da ein zerstreuter Block gefunden wird. Ganz in ähnlicher Weise sieht man diese von älteren Gletschern herrührenden Trümmer auf den Terrassen der alpinischen Thäler an den Seitenwänden derselben und in bedeutender Höhe über der Thalsohle oft in ziemlich langen Linien sich hinziehen (Fig. 783 a. f. S.). §. 873.

Die Beobachtung lehrt demnach, dass alle Gletscher die Trümmergesteine, welche sie durch ihre Bewegung von dem Orte ihres Anstehens fortführen, in bestimmter Form anhäufen und zurücklassen, als Seiten- oder Querwälle von unregelmässig durch einander gewirrten, scharfkantigen Trümmern gebildet, oder als flächige Ausbreitungen abgerundeter und gestreifter Rollsteine mit Sand vermischt. Sehr oft ruhen die Wälle und die kantigen Trümmer auf diesen Betten von gestreiften Rollsteinen und Sandablagerungen. §. 874.

Eine Eismasse von oft 1000 und mehr Fuss Mächtigkeit, die sich über einen Boden hinbewegt, kann nicht ohne Einwirkung auf denselben bleiben. Die Felsen des Thalgrundes und der Seitenwände werden abgerundet, ihre Flächen geebnet, ihre Ecken abgenutzt und die ganzen Gesteine gleichmässig geschliffen und förmlich polirt. Die Schliffflächen §. 875.

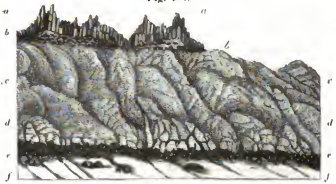
längs des Unteraargletschers (Fig. 784) sind von ausgezeichneter Schönheit und gehen unmittelbar in die frischen, unter das Gletscherniveau

Fig. 783.



Ansicht des Lauterbrunner Thals.
a und *b* Blockanhäufungen auf den Terrassen von Eisenfluh und Hunnenfluh.

Fig. 784.



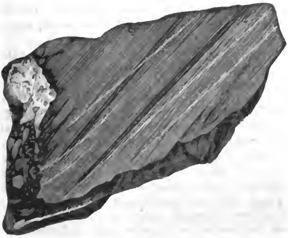
Schliffflächen auf dem linken Ufer des Unteraargletschers.
aa Verwitterte Spitzen des Gebirges. *bb* Altes Gletscherufer mit Blöcken besäet. *cc* Polirte Felswände. *dd* Frische Schliffflächen ohne Flechten. *ee* Seitenmoränen. *ff* Eis des Unteraargletschers.

sich fortsetzenden Flächen *dd* über. Eine Ansicht der flächenartig auf horizontalem Boden sich zeigenden Schliffflächen bietet Fig. 782 *ee*, wo zugleich der Unterschied von Wasserschliffen (*ff*) sehr schön erkannt werden kann. Man ist an vielen Stellen unter den Gletscher vorgedrungen und hat dort überall auf den Felsen diese glatten Schliffflächen gefunden, welche über alle Gesteine gleichmässig weggehen. Ein Spath- oder Quarzgang in dem Kalk, Abwechslung härterer und

weicherer Bänder in dem Gneiss, Granit oder Glimmerschiefer übt durchaus keinen Einfluss auf die Abnutzung der Felsen, welche sich in gleicher Fläche über alle diese Wechsel des Gesteines hinzieht. Gegenwärtig, wo fast alle Gletscher der Schweiz z. B. sich bedeutend zurückgezogen haben, kann man überall vor ihren Enden weite Ausdehnungen geschliffener und gestreifter Flächen sehen. So besonders schön vor dem Bossonsgletscher (Chamonny), dem Rosenlauigletscher u. s. w.

Die Schliffflächen, welche der Gletscher offenbar hervorbringt, §. 876. zeichnen sich sowohl durch diese gleichmässige Flächenausbreitung, als auch durch ein zweites charakteristisches Zeichen aus: durch eine Menge feiner, geradliniger, mehr oder minder paralleler Ritzen und Streifen, welche auf der Oberfläche der Schliffe eingegraben sind. Diese Ritzen und Streifen, welche von der Structur, Krystallisation, Schieferung oder Schichtung der Gesteine durchaus unabhängig sind, folgen im Allgemeinen stets der Richtung, in welcher der Gletscher sich fortbewegt, und man kann aus der Direction, welche diese Streifen zeigen, auf die Richtung der Bewegungsaxe des Gletschers schliessen. Gleiche Ritzen und Streifen zeigen die Rollsteine, welche auf dem Gletscherboden in dem Schlammbette liegen, und offenbar beruhen die Ritzen der Felsflächen und der Rollsteine auf derselben Ursache, auf der Einwirkung der härteren Felsstückchen und Kryställchen auf die polirten Flächen. Eingebacken in dem Eise, wie in einer Handhabe, werden diese härteren Theile über die Gesteine hinbewegt unter einem ungeheuren Drucke und graben, wie der Grabstichel eines Kupferstechers, die Richtung ihrer Bewegung in das Gestein ein (Fig. 785).

Fig. 785.



Geschliffener und gestreifter Kalk vom Grunde des Rosenlauigletschers.

Die aufmerksamste Beobachtung hat erwiesen, dass von Wasser geglättete Felsen nie solche Streifen zeigen, wie die eben angeführten; dass vom Wasser gebildete Rollsteine niemals Streifen haben, sondern dass im Gegentheil bei nur sehr kurzem Transporte durch Bäche und Ströme die Streifen durch die Abnutzung der Rollsteine und der Felsflächen verschwinden, wie dies sich deutlich auf Fig. 782 zeigt, wo der Bach des Vieschgletschers sich sein Bett in den grobkörnigen Granit des Thalgrundes eingefressen hat und überall, wo seine Erosion thätig gewesen ist, in Folge derselben die Gletscherschliffe *ee* durch Wasserschliffe *ff* ersetzt wurden.

§. 877. Eine solche Zusammenstellung äusserst verschiedener Phänomene, geglätteter und geradlinig geritzter Felsen, abgenutzter Rollsteine mit geradlinig eingegrabenen Ritzen und Streifen, vermischt mit Sand und Grand, und darauf gelagerter scharfkantiger Blöcke und Trümmer, welche öfters zusammen hängende Wälle bilden, die ein Thal quer zu schliessen scheinen; eine solche Zusammenstellung kann nur durch Gletscher hervorgebracht werden, und überall, wo eine solche Zusammenstellung existirt, muss auch nothwendiger Weise gefolgert werden, dass Gletscher einst an diesem Orte existirten. Alle diese Erscheinungen finden sich vereinigt nur an den Orten, wo Gletscher selbst vorhanden waren. Ueber die Ausdehnung der Gletscher selbst hinaus reichen aber die durch das Wasser vermittelten und deshalb auch schwerer erkennbaren Ablagerungen des feinen Sandes und Schlammes, den die Gletscherbäche und die aus ihnen entstehenden Flüsse mit sich führen. Die stets anwachsenden Deltas der Rhone im Genfer-See, der Aar im Brienzer-See, der Reuss im Vierwaldstätter-See sind Beispiele solcher Anschwemmungen, deren Material von der Einwirkung der Gletscher auf den Boden im Hintergrunde der Thäler herrührt. Und der Löss des Rheinthales ist zum grossen Theil nichts Anderes als eine ähnliche Ablagerung aus früheren Zeiten.

§. 878. Ein wesentliches Kennzeichen reiner und unverfälschter Gletscherablagerungen ist der Mangel jeglicher Schichtung. Es giebt indessen auch Fälle, wo gleichzeitige oder nachträgliche Einwirkungen des Wassers eine mehr oder minder deutliche Schichtung herbeiführen. An denjenigen Stellen, wo ein von einem Bache durchströmtes Thal von einem vorrückenden Gletscher gesperrt wird, entstehen oft ziemlich bedeutende Seen, innerhalb welcher die Ablagerungen nach und nach eine Schichtung erfahren. Der oben erwähnte Vernagtgletscher in Tyrol, die Gletscher von Miage am Montblanc, von Aletsch im Wallis, von Allalein im Saasthale zeigen solche Bildungen, die wir hier erwähnen, weil in der Eiszeit ähnliche Erscheinungen, an den Ufern des Genfer-Sees z. B., in grossem Maassstabe auftreten.

§. 879. Während die Gletscher des Hymalaya und der Cordilleren sich in ähnlicher Weise verhalten wie die unserer Alpen, so verdienen diejeni-

gen der südlichen Inseln von Neu-Seeland noch eine besondere Erwähnung. Es giebt dort eine förmliche Alpenkette, deren höchster Gipfel, der Mount Cook, sich bis zu 4400 Metern erhebt, und deren Gletscher im Mittel bis zu 1240 Metern herabsteigen. Dort finden sich aber schon Buchen, Coniferen, worunter namentlich die Dammaratanne, und nur wenige Meter tiefer gedeihen Wälder von tropischen Gewächsen, von Palmen, baumartigen Farrn, Drachenbäumen u. s. w. Obgleich diese Gletscher zwischen 42° und 44° südlicher Breite liegen und die Vegetation schon einen tropischen Charakter hat, so steigen diese Gletscher doch bis zu demselben Niveau herab, wie die Gletscher unserer Alpen, was nur dadurch ermöglicht wird, dass Neu-Seeland ein feuchtes Inselklima besitzt, in welchem die atmosphärischen Niederschläge sehr bedeutend, die Sommer nicht sehr warm, die Winter nicht sehr kalt, aber schneereich sind.

Die Gletscher der Polarregionen verdienen eine besondere Aufmerksamkeit. Während in Norwegen, Island und im Feuerlande die Gletscher das Meer nicht erreichen, steigen sie auf der Insel Jan Mayen, in Spitzberg, Grönland, in der Behringsstrasse und an dem Südpolarlande bis zu dem Meere hinab, wodurch besondere Erscheinungen bedingt werden, indem da, wo warme Meeresströmungen vorhanden sind, wie bei Süd-Georgien, Jan Mayen und Spitzbergen, das Ende der Gletscher auf dem Meere schwimmt, während in den eigentlichen Polarländern der Gletscher auf dem Boden des Meeres weiter fortschreitet. §. 880.

In Spitzbergen fehlen jene engen Schluchten und hohen Bergkämme, zwischen welchen die Gletscher der Alpen zu Thale steigen; die Gletscher, welche die Thäler ausfüllen, gleichen deshalb mehr in jeder Beziehung den Firnfeldern der Alpen, sind aber von bedeutender Grösse. So hat der Bellsund-Gletscher 18 Kilometer Länge auf 5 Kilometer Breite. Mit dieser ganzen Breite bewegt er sich in das Meer hinein und wird dem Niveau desselben entsprechend abgeschmolzen, so dass man bei der Ebbe im Boote unter das Eis eindringen kann. Das Meer schmilzt den Gletscher auf dem Grunde ab, und dieser bewegt sich so lange vorwärts (Fig. 786 a. f. S.), bis das Gewicht der über das Meer hinausragenden Eismasse über ihre Cohäsion das Uebergewicht erhält, wo dann die Eismassen abbrechen und auf dem Meere weiter geflösst werden. Auf diese Weise werden schwimmende Eismassen gebildet, deren Dicke dem über dem Meere befindlichen Gletscherabsturze, der selten mehr als 50 Meter beträgt, entspricht. Da nun bei einer schwimmenden Eismasse vier Fünftel unter dem Wasser und nur ein Fünftel über dem Wasser erscheint, so haben auch diese schwimmenden Eisblöcke der See um Spitzbergen, Jan Mayen u. s. w. nur eine geringe Höhe und reichen selten über die Schanzkleidung der Schiffe hinaus.

Die Gletscher von Spitzbergen zeigen zu beiden Seiten kaum Spuren von Moränen, da die stets mit Schnee bedeckten Felsen kaum ver- §. 881.

wittern; in etwas südlicher liegenden Gegenden aber finden sich Moränen, welche sehr häufig auf den von dem Gletscherende losbrechenden Massen liegen bleiben und, auf diesem Treibeise schwimmend, nach

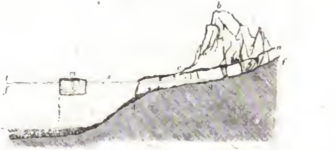
Fig. 786.



Gletscher der Possessionbai in Süd-Georgien unter 54°5′ südlicher Breite. Das Meer an den senkrecht abgeschnittenen Gletscherrande war mehr als 100 Meter tief, und während Cook's Anwesenheit fielen gewaltige Eisblöcke von dem Gletscher abbrechend in das Meer, auf dem sie weiterschwammen.

anderen Gegenden, der Meeresströmung nach, geflösst werden. Die beifolgende Figur 787 möge den Durchschnitt eines solchen Küsten-

Fig. 787.



gletschers mit abschmelzender Basis in den Polargegenden darstellen. Der Gletscher *b* rückt auf der geneigten Unterlage *fgd* in das Meer vor, dessen Niveau durch die Linien *ts* angezeigt ist. So lange der Gletscher auf der Felsunterlage ruht, wird er auf dieselbe seine schleifende Wirkung ausüben; diese wird aber etwa an dem Punkte *d* unterbrochen

werden, wo das Gletschereis, specifisch leichter als das Wasser, von diesem gehoben und getragen wird. Die Oscillationen von Ebbe und Fluth, welche durch die doppelten Linien des Meeresniveaus angedeutet sind, schwemmen die Trümmer, welche unter dem Gletscher liegen, nach und nach auf den Meeresgrund und reissen zugleich Blöcke wie *m* los, welche dann durch die Meeresströmung weiter geschafft werden und oft bedeutende Felsmassen fortführen können.

Die Gletscher von Jan Mayen sind denen von Spitzbergen hinsichtlich ihres Verhaltens zum Meere durchaus ähnlich, unterscheiden sich aber von ihnen durch die starke Neigung der Unterlage, in welcher Hinsicht sie denjenigen der Alpen gleichen. Sie steigen auf allen Seiten von dem 7000 Fuss hohen kegelförmigen Vulcane, welcher der Beerenberg genannt wird, herab und zeigen in ihrer ganzen Erstreckung stark entwickelte, von den sie trennenden Lavaklippen herrührende Moränen, tiefe Schründe, Zacken und Nadeln ganz wie die Alpengletscher. Auf den von der Brandung losgelösten schwimmenden Eisbrocken findet man beständig Stücke dieser Lava eingebacken, so dass man auch ohne zu landen eine Sammlung der Gesteinsarten der Insel im Meere machen kann. §. 882.

Das nördliche Grönland ist ein niederes Plateau, gänzlich von ungeheuren Gletschern bedeckt, die eine zusammenhängende Eismasse, den sogenannten Eisblink, bilden, die sich vom Innern des Landes her gegen das Meer hin fortbewegt. Der grösste dort bekannte Gletscher, der Humboldtgletscher am Smithsund, hat eine Meeresfront von mehr als 100 Kilometern, welche über dem Wasser einen senkrechten Absturz von etwa 90 Metern Höhe bildet. Da aber das Meerwasser selbst im Sommer eine Temperatur von mehreren Graden unter Null besitzt, so §. 883.

Fig. 788.



Das Schiff des Capitain Parry vor einem schwimmenden Eisberge.

schmelzen diese Gletscher nicht ab, sondern rücken auf dem Meeresboden vorwärts, und da das Meer häufig eine Tiefe von 300 bis 500 Metern besitzt, so werden jene gigantischen Eisberge gebildet, welche die Baffinsbai und die benachbarten Sunde erfüllen. Der Wellenschlag reisst die Stücke los, die von Wind und Meeresströmungen getrieben, alljährlich bis in die Breite von Neu-Fundland, zuweilen aber unter günstigen Verhältnissen sogar bis in die Breite der Azoren gelangen.

§. 884. An den **nordsibirischen Inseln** sowie im Norden der **Behringsstrasse** hat man eigenthümliche Verhältnisse beobachtet. Im Kotzebuesund existirt ein Gletscher, der von einer 1 bis 7 Meter dicken Schicht von lehmiger Erde bedeckt ist, die eine üppige Vegetation von Weiden, Heidekräntern, Riedgräsern, Moosen und Flechten trägt, deren unterer Theil in Torf umgewandelt ist. In der Lehmschicht selbst fand **Seeman** Knochen vom Mammuth, Pferde, Elenn, Rennthier und Moschusochsen, dieselben welche sich in dem gefrornen Schwemmboden von Sibirien und in dem Schwemmlande Mitteleuropas vorfinden. Es existirt also hier gewissermassen ein fossiler Gletscher, der in der ältern Schwemmzeit sich gebildet hat.

§. 885. Die Fortschaffung von Gesteinsmassen ist, wie wir eben sahen, nicht bloss auf die Gletscher beschränkt, sondern es bildet sich auch **Treibeis** sowohl in den Polargegenden als weiter südlich in der gemässigten Zone, wo die Flüsse im Winter zufrieren. Bei dem Anschwellen der Flüsse im Frühjahr wird sowohl das Küsteneis, als auch das auf dem Boden der Flüsse gebildete schwammig zellige Grundeis, in welchem eine Masse von Geröllen und Gesteinen eingebacken sind, emporgehoben und weggeführt. Wenn so einerseits eine Menge von Berichten von Seefahrern vorhanden sind, welche theils Stücke losgerissener Polargletscher, theils tafelförmige Massen der Eiswälle des Nord- und Südpoles beobachteten, die durch die Meeresströmungen weit hin in südliche Gegenden verführt wurden, und die oft grosse Massen von Sand, Geröllen und Steinen trugen, so haben wir auf der andern Seite eine Menge von Beobachtungen, welche nachweisen, dass auf dem Lande längs der Flussufer zerstreute Trümmer vom Eise des Meeres sowohl als der Flussmündungen eingebacken und beim Eisgange nachher aufgehoben und weitergeflösst wurden, bis der Eisblock, der die Trümmer schwebend erhielt, so weit zusammenschmolz, dass er nicht mehr hinreichte, den Stein schwimmen zu machen. Felsblöcke von ziemlich bedeutenden Dimensionen sind auf diese Art z. B. über den Finnischen Meerbusen hinübergeschafft worden, und längs der norwegischen Fiorde, der Buchten und Strommündungen Nordamerikas und Sibiriens sieht man weite Strecken, welche mit solchen vom Treibeise aufgehobenen, weggeflössten und später gestrandeten Blöcken bedeckt sind. Trümmer von Schiffen, die auf dem Boden der Rhede von Kopenhagen liegen,

sind in wenigen Jahren förmlich mit Blöcken überdeckt, welche das strandende Treibeis der Ostsee und der Belte herbeiführt, und Forchhammer hat Beobachtungen mitgetheilt, wonach ein fünf Tonnen schwerer Felsblock durch das Eis von der Küste losgerissen und ins Meer geführt wurde, wobei er eine tiefe Schramme in den sandigen Uferthon eingrub. An dem Lorenzstrome werden alljährlich gewaltige Massen grosser Geschiebe von dem Eise weggeführt und weitergetrieben, so dass Untiefen förmlich von diesen Ablagerungen ausgefüllt werden. Im Februar 1869 wurde bei Reval die Eisdecke gebrochen und die Schollen wurden in Form eines Walles hoch auf dem Ufer durch die Wogen aufgethürmt. Mit dem Eise wurden mächtige Granitblöcke emporgeschoben und auf dem Strande abgesetzt. Es unterliegt demnach keinem Zweifel, dass in solchen Breiten, wo sich noch grössere Eismassen im Winter bilden, das Treibeis einen mächtigen Hebel zur Fortschaffung von Felsmassen und Ablagerungen aller Art bildet. Indessen giebt es noch keine Beobachtungen, welche mit Evidenz nachgewiesen hätten, dass durch solche treibende Massen auch Schliffflächen und Ritzen erzeugt werden könnten, die denen der Gletscher im entferntesten ähnlich wären, wenn man auch die Möglichkeit solcher Einwirkungen des Treibeises vielfach behauptet hat, und es begreift sich leicht, das schwimmende, vom Wellenschlag und der Brandung bewegte Massen, wenn auch noch so gewichtig, keine solche stete Einwirkung ausüben können, wie die fast soliden Massen der Gletscher.

Die wesentlichsten Eigenthümlichkeiten der circumpolaren Gletscher und Eisbildungen beruhen demnach auf der Nähe des Meeres, durch dessen Strömungen das Treibeis mit den darin eingeschlossenen Felstrümmern nach anderen Gegenden geschafft wird. Die meisten dieser Trümmer fallen ohne Zweifel auf den Boden des Meeres, und verhältnissmässig nur wenige langen an fernen Gestaden an, wo das Treibeis strandet und seine Einschlüsse ablädt. Die Meeresströmungen und die Richtungen der herrschenden Winde werden Anhäufungen dieser eisgeflössten Trümmer in gewissen Zonen bedingen. Wenn es somit durch die Beobachtung erwiesen ist, dass grosse, eckige Blöcke durch Treibeis in weite Fernen von ihrem Ursprungsorte geschafft werden können, so darf nicht vergessen werden, dass die Zerstreuung solcher Blöcke allein nicht für die eine oder andere Art der Wegschaffung spricht und dass die begleitenden Phänomene entscheiden müssen, ob gewisse kantige Blöcke durch Treibeis oder durch Gletscher an ihrem jetzigen Lagerungsorte abgesetzt wurden. Finden sich ausser den Blöcken die den Gletschern eigenthümlichen Erscheinungen, so wird man diesen die Zerstreuung der Trümmer zuschreiben müssen; zeigen sich im Gegentheile Strandbildungen, Schlamm- und Sandablagerungen mit Meeresbewohnern darin in Gesellschaft der Blöcke, so wird man daraus auf Treibeis als fortschaffende Ursache schliessen. §. 886.

Die Eiszeit.

§. 887. Wie schon bemerkt wurde, können die verschiedenen Erscheinungen, welche ein Gletscher nach seinem Verschwinden zurücklässt, in ihrer Vereinigung nur durch diese Ursache hervorgebracht werden. Die abgerundeten und geschliffenen Felsflächen mit ihren geradlinigen, nur selten unter geringen Winkeln sich schneidenden Streifen, Furchen und Rillen, die nach obenhin scharf abgegrenzt erscheinen gegen die eckigen unbearbeiteten Zacken und Spitzen; die Massen von eckigen Gesteinen und Trümmern, welche mit Beibehaltung ihrer scharfen Kanten auf weite Entfernungen von ihren Lagerstätten fortbewegt und auf durchaus fremdem Grunde häufig in zusammenhängenden Linien, Wällen oder Moränen ähnlich, entweder längs der Terrassen der Thalwände oder in nach abwärts convexen Bogen quer durch die Thäler hindurch abgelagert wurden; die geschliffenen und geritzten Rollsteine, welche mit Sand und Grus untermischt den Boden bedecken — alle diese Erscheinungen in ihrer Vereinigung können nur durch auf dem Boden sich hinbewegende Gletscher hervorgebracht worden sein und lassen sich in der jetzigen Rückzugsperiode leicht überall da beobachten, wo Gletscher von ihren bisher eingenommenen Standorten zurückgewichen sind. Wenn es sich also um Constatirung früherer, weiter ausgedehnter Gletscher auf dem Festlande handelt, so ist die Auffindung dieser Erscheinungen maassgebend, während andererseits da, wo das Meer in Mitwirkung hat treten können, die in den Polarländern gemachten Beobachtungen ihre Anwendung finden. Hebungen und Senkungen des Wasserspiegels, Flössungen durch Eisberge, die von Wind und Wellen nach bestimmten Richtungen hingetrieben und angehäuft werden, Ablagerungen von Muschelbänken, von Uferlinien bilden hier die charakteristischen Erscheinungen, welche vorzugsweise zu beachten sind. Da der Transport von Blöcken fremdartiger Gesteine auf weite Entfernungen hin diejenige Erscheinung war, welche zuerst in das Auge fiel und man sich mit diesen Findlingsblöcken schon lange beschäftigt hatte, ehe man die wahre Ursache ihres Transportes auffand, so hat man auch die ganze Gruppe der Erscheinungen mit dem Namen Erratische Erscheinungen belegt, während man in den Ländern englischer Zunge den Namen Drift am häufigsten angewendet hat. Betrachten wir nun die Erscheinungen, welche früherer grösserer Ausdehnung der Gletscher und der Eismeere zugeschrieben werden müssen, zuerst in den Alpen und den übrigen Gebirgen, dann in den Tiefländern.

Geht man von dem heutigen Ende irgend eines der bedeutenderen Gletscher aus, so sieht man den Hintergrund des Thales meist von Bogenwällen durchzogen, durch welche der Gletscherbach sich hier und da einen Weg gebahnt hat. Die dem Gletscherende zunächst gelegenen Wälle tragen noch unverkennbar alle Kennzeichen einer Endmoräne; sie bilden ein Haufwerk von kantigen Blöcken und Trümmern, am Grunde vermischt mit geritzten und gestreiften Rollsteinen. Zwischen dem Ende des Rhonegletschers und dem Hotel zum Gletsch zählt man auf dem Raume eines Kilometers etwa ein Dutzend solcher Wälle, von welchen die untersten schon mit Vegetation bedeckt sind. Geht man das obere Wallis hinab, so findet man stets von Zeit zu Zeit solche alte Endmoränen, welche das Thal quer durchsetzen, meistens Tannenwälder tragen und häufig zur Anlegung der von Ueberschwemmungen bedrohten Dörfer gedient haben. Dieselben Erscheinungen lassen sich in allen grösseren Alpenthälern nachweisen und man kann sie bis über dieselben hinaus in den Ebenen wiederfinden. §. 888.

Steigt man an den Thalwänden hinauf, so sieht man vor allen Dingen überall, wo die Structur der Oberfläche es gestattet, Blöcke liegen, welche offenbar nicht von oben herabgestürzt sind, sondern aus dem Hintergrunde des Thales stammen. Da die meisten grösseren Alpenthäler oben in krystallinischen Gesteinen beginnen, dann aber durch Schiefer- und Kalkmassen sich fortsetzen, so lässt sich dieser Beweis leicht herstellen, und die von Gletschern herbeigeführten Massen können auf diese Weise von den Schuttkegeln und herabgestürzten Trümmern unterschieden werden. Zugleich bemerkt man überall da, wo die Gesteine sich zur Erhaltung der Oberflächenerscheinungen eignen, die Rundhöckerformen mit ihren geritzten und gestreiften Flächen, die in einer scharfen oberen Grenze endigen, welche man weithin an den Thalwänden mit dem Auge verfolgen kann. Die Richtung der Streifen auf den geschliffenen Felsen ist im grossen Ganzen mit der Thalsohle parallel. Indess finden sich auch namentlich bei plötzlichen Verengerungen des Thales, wo der Gletscher anschwoll, nach oben aufsteigende Richtungen der Streifen. Die Ausdehnung der Rundhöcker selbst nimmt bei einer scharf markirten Linie ein Ende, und darüber erheben sich wilde Zacken mit scharfen Kanten, rauhe, unregelmässige Formen, die gar sehr mit den abgeschliffenen Flächen contrastiren. In den meisten Thälern kann man nur streckenweise diese obere Grenzlinie der Rundhöcker sehen und dann scheint sie vollkommen horizontal; bei Ueberblick beträchtlich langer Thäler aber, wie z. B. des Haslithales, des Rhonethales, oder bei vergleichenden Messungen zeigt sich, dass diese Linie im Hintergrunde der Alpenthäler etwa bei 9000 Fuss absoluter Höhe unter den Gletschern hervortritt; dass sie allmälig gegen den Ausgang der Thäler hin mit einem Falle von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Graden sich senkt und bei den Thalmündungen eine Höhe von 5000 bis 6000 Fuss

innehält. Die Linie ist demnach im Ganzen weit weniger geneigt, zeigt einen weit geringeren Fall, als der Fall der Thalsohle ist.

§. 889. Je weiter man der Ausmündung der Thäler nahe kommt, desto mehr wird man durch die oft ungeheure Grösse der Findlingsblöcke überrascht. Zwar fehlen im Innern der Thäler solche Blöcke ebenfalls nicht, zwar findet man sie von nicht geringeren Dimensionen in der Nähe und auf den heutigen Gletschern selbst, aber dort erstaunen sie nicht neben den Trümmermassen, während sie in dem bewohnten Lande, wo ausserdem ihre kleineren Genossen meist durch die Industrie der Menschen zerstört worden sind, sogleich die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Es wäre überflüssig, ausser den bekannten Touristenthälern von Chamouny und Hasli, in denen alle diese Erscheinungen auf das Prachtvollste ausgebildet sind, noch andere zu erwähnen. Man kann im Allgemeinen sagen, dass alle Thäler auf beiden Seiten der Alpen dieselben Erscheinungen zeigen, und dass sie nur da fehlen, wo spätere Verwitterung und Zerstörung sie unkenntlich gemacht hat. Tritt man aber aus den Thälern selbst in die vor dem Gebirge liegenden Hügelgegenden und Ebenen hinaus, so ändern sich die Verhältnisse; so dass wir hier die beiden Abhänge der Alpen besonders betrachten müssen.

§. 890. Im Norden der Alpen und namentlich in der Schweiz finden wir in unmittelbarer Nähe der Alpenkette und weiter hinaus auf dem gewellten und von Thälern durchfurchten Boden der Mollasse, deren Schichten häufig steil aufgerichtet sind, zu unterst gewöhnlich einen dunklen steifen Lehm mit feinen Sandschichten vermischt, in welchem sich häufig geritzte Rollsteine alpinen Ursprungs nachweisen lassen. In der Nähe des Gebirges selbst findet man stellenweise nur diese Schicht, welche an entfernteren Orten auch durch eckige Blöcke mit geritzten Rollsteinen vermischt ersetzt ist. Während die Schieferkohlen von Utznach unmittelbar auf der Mollasse auflagern, sieht man unter den Lagern von Dürnten und Mörschweil am Bodensee die erwähnten Letten mit Findlingen und geritzten Rollsteinen, ebenso bei St. Gallen und im badischen Seekreise.

§. 891. Ueber dieser untersten Schicht und den nur hier und da nachzuweisenden Schieferkohlen finden sich nun weit verbreitet und bis zu bedeutenden Höhen ansteigend gewaltige geschichtete Massen von Sand und Rollsteinen, die häufig Aushöhlungen der Lehmschicht anfüllen und über das ganze Hügelland bis weit in den Jura hinein sich erstrecken. Sehr häufig sind diese Schichten nur lose, anderwärts aber durch Kalkinfiltrationen fest verbacken, so dass sie, wie an den Flussufern in der Nähe von Genf, steile Uferklippen bilden. An einigen Orten in der Nähe der Alpen findet man in den untersten Lagern dieser Schichten

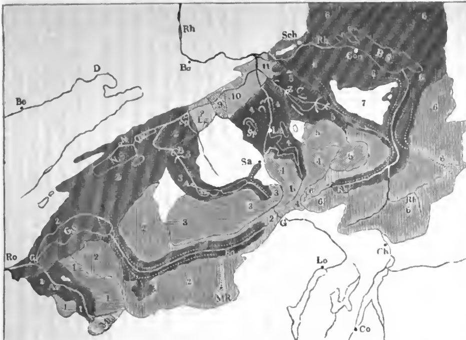
noch eckige Steine. Die Rollsteine selbst stammen alle entweder aus den anstehenden Gebirgsadern der Alpen oder aus der Nagelfluhe. Die Schichten sind verworren und zeigen deutlich, dass sie an den meisten Stellen durch fliessende Gewässer, Bäche und Ströme abgesetzt wurden. Man hat diese geschichteten Massen ältere Anschwemmungen (*Alluvions anciennes*) genannt.

Ueber diesen geschichteten Bildungen zeigen sich gewaltige Massen §. 892. von eckigen Blöcken, zuweilen untermischt mit Ablagerungen von Letten mit geritzten Rollsteinen, die namentlich in der Nähe des Gebirges sich finden, während weiterhin die Findlingsblöcke meist nur von Sand und geritzten Rollsteinen begleitet sind. Die Blöcke erreichen zuweilen ungeheure Dimensionen, sie steigen in dem Jura bis zu bedeutenden Höhen hinan und liegen dort wieder auf geschliffenen Felsen. In dem Zwischenraume zwischen Alpen und Jura fehlen fast durchaus alle Ritzen und Schliffflächen, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil hier nur Mollasse, Sand und Nagelfluhe, d. h. lauter leicht verwitternde Felsarten, vorkommen, deren Oberfläche allenfalls erhaltene Eindrücke durchaus nicht bewahren kann. Indessen hat man doch an einzelnen Stellen, wie z. B. auf dem Pélerin und in dem Bahnhofe der kleinen Station Rivaz bei Vevey, Flächen von harter Nagelfluhe gefunden, welche sehr deutliche Schliffe mit Ritzen und Streifen zeigten und wo sogar die Rollsteine der Nagelfluhe quer durchschnitten und auf gleiches Niveau mit dem harten Cäment, das sie umhüllt, abgeschliffen sind; zum Beweise, dass nur die Natur des Gesteines die Erhaltung dieser Erscheinungen in den meisten Gegenden der ebenen Schweiz verhinderte. Dagegen beobachtet man überall ausgedehnte Zerstreuungen von Blöcken über die Ebene, die in der Nähe der Alpen bis zu 4000 und mehr Fuss absoluter Höhe ansteigen, so dass die meisten Mollassenberge bis zu ihrem Gipfel mit Blöcken besäet sind. Meist erscheinen die Blöcke regellos über die Ebene zerstreut; nur an einigen Orten hat man Wälle gefunden, ähnlich denen, welche in den Alpenthälern vorkommen. So zeigt sich namentlich in der Nähe von Bern ein gewaltiger, etwa 100 Fuss hoher, bewaldeter Blockwall, das Hühuli genannt, der im weiten Halbmonde das Aarthal durchsetzt und aus sandigem Lehme, geritzten, runden Geschieben und grossen eckigen Blöcken von mehren Fussen im Durchmesser zusammengesetzt ist. Dieser Blockwall ruht, wie alle zerstreut umherliegenden Blöcke der obern Schweiz, unmittelbar auf den geschichteten Sand- und Kieslagern der ältern Alluvion, welche die Mollasse an vielen Orten bedecken und deren wir oben gedachten. Die Schanzen von Bern waren theilweise auf einem ähnlichen Schuttwalle errichtet und ausser diesen, durch Studer bekannt gewordenen Wällen hat Escher von der Linth noch eine Menge ähnlicher Wälle in der östlichen Schweiz nachgewiesen. So wird das Nordende des Sempacher-Sees von einem

zuweilen zweihundert Fuss breiten und hohen bogenförmigen Walle geschlossen, der sich weithin längs der beiden Seeufer thalaufwärts verfolgen lässt; so der Hallwyler-See bei Seon von einem mehrfachen Querwalle; so ruht Zürich auf einem Bogenwalle, dessen beide Schenkel weithin über Neumünster, Küssnacht und Meilen einerseits, Thalwyl und Horgen andererseits sich verfolgen lassen; so finden sich andere Wälle im Glattthal, im Limmatthal bei Würenlos und Schönenwerth, im Reussthal bei Mellingen, im Winathale bei Gontenschwyl u. s. w.

§. 893. Wenn indess hinsichtlich der Vertheilung der Blöcke an sich es nur selten gelingt, solche Wälle, wie die angeführten, in der Ebene zu beobachten, und auch diese Beobachtungen stets schwieriger werden, da die Blöcke in der Ebene auf mannigfache Weise zu Bau-, Pflaster- und Chausseesteinen ausgebeutet werden, so ist auf der andern Seite das mineralogische Studium der Blöcke ungemein wichtig, indem es die Beziehungen kennen lehrt, in welchen die Blockvertheilung in der Ebene zu den Ausmündungen der grossen Alpenthäler steht. Diese Vertheilung ist jetzt, so weit sie den Schweizerboden betrifft, vollkommen bekannt geworden durch die genauen Untersuchungen der neuesten Zeit. Es haben sich hierbei folgende Resultate im Grossen ergeben. Die Blöcke, welche die ebene Schweiz erfüllen, sind besonders aus sechs Thalmündungen hervorgegangen: dem Arvethale, Rhonethale, Aarthale, Reussthale, Linththale und Rheinthale. Die Blöcke des Arvethales (1 auf der Karte) stammen von dem westlichen Abhange der Montblanckette und von den Bergen oberhalb Sallanche. Sie erfüllen das Arvethal von Chamouny an und steigen auf dem queren Rücken des Salève bis zu einer Höhe von 1000 Metern über dem Meere. Die Blöcke aus dem Rhonethale (2 auf der Karte) erfüllen die ganze Gegend zwischen Genf und Solothurn, so dass demnach das Gebiet der Rhoneblöcke einen breiten Fächer darbietet, dessen Spitze in der Rhonethalmündung bei St. Maurice sich befindet, während der eine Schenkel des Fächers längs des südlichen Ufers des Genfer-Sees, der andere etwa der Grenze des Cantons Freiburg entlang gegen Solothurn und selbst ein paar Stunden westlich von dieser Stadt bis gen Zofingen und weiter das Aarthal entlang bis an an den Rhein bei Waldshut hinführt. Die ebenen Theile der Cantone Genf, Freiburg, Neuenburg und ein Stück von Bern, Solothurn und Aargau sind demnach mit den Rhoneblöcken bedeckt, welche von dem östlichen Abfalle der Ketten des Montblanc und der *Aiguilles rouges*, aus allen Thälern des Wallis und von dem Massive der Diablerets und der umgebenden Berge stammen. Nächst den Rheinblöcken haben die Rhoneblöcke den grössten Verbreitungsbezirk, und wenn man nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit sie verfolgt, so sieht man, dass die vom linken Rhoneufer und dessen Thälern stammenden in der ganzen Länge des Wallis parallel mit den Blöcken des rechten Ufers gehen, ohne sich zu mischen, dass aber, an der Oeffnung des Thales am obern Ende des

Fig. 789.



Verbreitung der Alpenfindlinge in der Schweiz.

1 Arve-Gebiet; 2 Rhone-Gebiet; 3 Aar-Gebiet; 4 Reuss-Gebiet; 5 Linth-Gebiet; 6 Rhein-Gebiet; 7 Zerstreuungsgebiet des Sentis und der Kuhfirsten; 8 Schwemmgebiet der Rhone-Blöcke zwischen Burgdorf, Wangen u. Langenthal; 9 Mischungsgebiet der Rhone- und Reuss-Blöcke um Aarburg; 10 Schwemmgebiet der Reussblöcke im Nord-West einer Linie von Dagmersellen nach Baden im Aargau; 11 Mischungs-Schwemmgebiet von Reuss- u. Rheinblöcken. Die Stammgebiete, aus welchen die Blöcke herkommen, u. die Mischungs- u. Schwemm-Gebiete, wo Blöcke durch Hochwasser u. Eisflösse verschleppt wurden, sind weit laxer schraffirt, als die Verbreitungsgebiete, aber in derselben Richtung; Arve u. Aar (1 u. 3) horizontal; Rhone u. Rhein (2, 8 u. 6) vertical; Reuss (4 u. 10) schief von links nach rechts; Linth (5) schief von rechts nach links; die Mischungs-Schwemmgebiete (9 u. 11) sind gekreuzt. *Be* Besançon, *D* Doubsfl.; *Rh* Rheinfl.; *Ba* Basel; *Sch* Schaffhausen; *Con* Constanz; *BS* Boden-See; *NS* Neuenburger-See; *N* Neuchâtel; *BS* Bieler-See; *B* Bern; *A* Aarburg, *Z* Zürich; *Th S* Thuner-See; *Sa* Sarnen; *Lz* Luzern; *R* Reussfl.; *Aa* Aarfl.; *Ro* Rhonefl., *G* Genf; *Ar* Arve; *Mbl* Montblanc; *GS* Genfer-See; *MR* Monte Rosa; *G* St. Gotthard; *Lo* Locarno; *Ch* Chiavenna; *Co* Como; *Sp* Sempacher-See.
Die Wege der Blöcke sind durch punktirte Linien, die Blockwälle durch starke helle Linien angedeutet.

Genfer-Sees angelangt, die vom linken Ufer sich fächerartig ausbreiten und theils am linken Seeufer sich hinziehen, theils über den See hinaus in das Waadtland vordringen.

§. 894. Die aus dem **Aarthale** (3 auf der Karte) hervorgegangenen Blöcke haben einen weit geringeren Verbreitungsbezirk. Sie bedecken fast nur den deutschen Theil des Cantons Bern, mit Ausnahme des von den Rhoneblöcken eingenommenen Theiles, bis etwa unterhalb der Stadt Bern und stammen aus dem Massive der Berner-Alpen zwischen Gotthard einerseits und Simmenthal andererseits. Als merkwürdige Thatsache zeigt sich bei ihrer Verbreitung, dass ein Theil dieser Blöcke über den Sattel des Brünigpasses gedrungen und bis in die Gegend von Sarnen vorgerückt ist.

§. 895. Die **Reussblöcke** (4 auf der Karte), vom Gotthard, den Seitenthälern des Reussthales und den Bergen am Ostufer des Vierwaldstätter-Sees stammend, erfüllen das Becken des letztern und erstrecken sich bis zu einer von Dagmersellen über Lenzburg nach Baden gezogenen Linie, während ihre südliche Grenze über Malters und Willisau, ihre nördliche über Schwyz, Zug und Dietikon nach Baden läuft.

§. 896. Die **Linthblöcke** (5 auf der Karte), aus dem Hintergrunde des Linththales und den Gebirgen oberhalb Einsiedeln stammend, rücken in schmaler Erstreckung von Glarus über Wesen in das Becken des Züricher-Sees. Ihre südliche Grenze lehnt sich an die nördliche der Reussblöcke nicht ohne Vermischung an; ihre nördliche läuft fast in gerader Linie von Wesen über Pfäffikon und Bulach nach Kaiserstuhl.

§. 897. Die **Rheinblöcke** (6 auf der Karte) zeigen einen merkwürdigen Verlauf. Aus dem ganzen Stromgebiete des Rheins, Graubünden und Vorarlberg stammend, theilt sich ihre Masse an dem vorspringenden Sporne der Appenzeller-Gebirge bei Sargans in zwei Ströme. Ein Theil dringt über den Wallenstädter-See, über Uznach an das nördliche Ufer des Züricher-Sees vor; der andere Theil ergiesst sich von Rorschach aus über den Thurgau, und so wird das ganze Gebiet des Bodensees, der Thur und Töss von den Rheinblöcken erfüllt, die sich bis nach Schaffhausen und Zurzach verfolgen lassen und weit in Baiern und Schwaben hinein sich ergiessen. Ihre nördliche Grenze dort ist noch nicht genau ermittelt.

Auf den Grenzen zweier Gebiete kommen zuweilen in einer ziemlich breiten Zone Mengungen vor. Windgellenporphyre (aus dem Reussthale) sind zwischen Albis und Uto durch ins Linthgebiet, andere Reussfindlinge durch die Mutschelle zwischen Uto und Hasenberg ebenfalls ins Linthgebiet gelangt — Rheinfindlinge kommen noch bis über Zürich hinaus vor. Sernft-Conglomerate aus Glaris mischen sich im

Reuss- und Limmatthale mit den Reussblöcken. Im Ganzen aber sind die einzelnen Gebiete durchaus unabhängig von einander und dieselbe Unabhängigkeit zeigt sich in der Vertheilung der Blöcke innerhalb der Gebiete. Jedes Gestein hat seinen eigenen Verbreitungsbezirk, und namentlich wiederholt sich auch hier in der ebenen Schweiz das oben von den Alpenthälern angeführte Gesetz, dass die Felsarten nicht von dem einen Ufer des Gebietes auf das andere übergehen. So wird man die Puddinge von Valorsine, die Euphotide von Saas nur auf dem linken (südlichen und westlichen) Ufer des Rhonegebietes, ihrer Lagerstätte entsprechend, nie auf dem rechten Ufer längs der innern Grenze des Fächers finden, während die Ponteljasblöcke stets nur auf der linken Seite des Rheinthales bleiben. Es ist diese Thatsache, welche sich in allen anderen Gebieten wiederholt, sehr wesentlich für die Erklärung der Ursache, welche die Findlinge fortschaffte, indem sie beweist, dass selbst in den äusserst engen Thalschluchten, durch welche die Blöcke hervorkamen, um sich über die Ebene zu zerstreuen, keine Vermischung derselben statthatte, selbst dann nicht, wenn die Blöcke, wie die aus dem Ponteljastobel, aus dem Prättigau, aus dem Saasthale, Wege zurücklegen müssen, die in spitzwinkeligen oder rechtwinkeligen Bögen sich winden.

Die Blöcke erheben sich indess noch auf eine bedeutende Höhe an den Gehängen des Jura, und hier findet sich, der Gesteine wegen, auf denen sie ruhen, sowie auch in Folge der Erhebung des Juras selbst, eine Menge von Eigenthümlichkeiten, die einer näheren Beleuchtung bedürfen.

Die verticale Vertheilung der Blöcke ist Gegenstand vieler §. 898. Untersuchungen, namentlich im französischen Theile des schweizerischen Juras gewesen, und man hat gefunden, dass sie eine bestimmte Höhengrenze einnehmen, die einen Bogen bildet, dessen höchster Punkt der Mündung des Thales, aus welchem sie hervorkamen, gegenüberliegt. Bei den Rhoneblöcken namentlich ist diese Thatsache schon seit längerer Zeit bekannt. Hier findet sich der höchste Punkt an den Jurawänden am Chasseron hinter Yverdun, und nach beiden Seiten senkt sich die Zone, um einerseits bei Genf, andererseits östlich von Solothurn das Niveau der Schweizerebene zu erreichen.

Das Niveau, welches die Blöcke bilden, hält sich auf dieselbe Weise auch in den Binnenthälern fest; die Blöcke sind hier bis auf dieselbe Höhe zerstreut; ja es kommt an einigen Stellen vor, wie z. B. im Val de Travers, dass der Hintergrund des Thales Blöcke hat, die von der Seite her über einen minder hohen Sattel gedrungen sind, während die Mitte des Thales keine solchen Ansammlungen zeigt.

Im Allgemeinen liegen die Blöcke auf der den Alpen zugewandten Seite der Juragehänge und in den Längsthälern, welche sich in dieser

Kette hinziehen, meist nur auf der den Alpen zugewandten Seite und auf den Kämmen bis zum Rande des Absturzes. So zieht sich auf der Aussenfläche des Jura ein kleines Längsthälchen vom Bieler- bis zum Genfer-See hin, bedingt durch die Anschliessung der Néocomienschichten an den eigentlichen Jurakalk; in dem Grunde dieses Thälchens finden sich keine Blöcke, dagegen etwas höher auf den Gehängen des Portlandkalkes eine grosse Menge, und ebenso auf der den Alpen zugekehrten Thallippe. Man bemerkt sogar, dass gerade auf den Thallippen, am Rande des Absturzes, die Anhäufungen manchmal bedeutender sind, als an den einförmigen Gehängen.

§. 899. Die mineralogische Beschaffenheit der Blöcke wechselt je nach der verticalen Vertheilung derselben. Es gilt hier als allgemeines Gesetz, dass eine Felsart um so höher an dem Jura ansteigt, je höher sie in den Alpen ansteht, oder, mit anderen Worten, dass die Höhenzone eines Gesteines am Jura im Verhältniss zu seinem Lagerorte in den Alpen steht. So finden sich in den Rhoneblöcken viele ausgezeichnete Felsarten, die überall leicht erkannt werden können: die Protogine vom Montblanc, die Euphotide von Saas, die Puddinge von Valorsine, die Alpenkalke von dem Eingange des Wallis. In derselben Ordnung, wie sie sich der Höhe nach in den Alpen reihen, trifft man auch diese Felsarten. Die höchste Zone ist nur von Protoginen und talkigen Graniten gebildet; weiter unten treten Euphotide dazu; die so leicht kenntlichen Puddinge von Valorsine steigen nur wenig über das Niveau der Ebene an und die Kalkblöcke haben den Jura nur selten erreicht und sind nur auf der waadtländischen Ebene, näher an den Alpen zu finden.

§. 900. Die Vertheilung der Blockwälle in den Thälern und der Umgebung der Seen beweist schon, dass die hauptsächlichsten Umrisse der Oberfläche, die Thalbette und Höhenzüge schon ausgebildet sein mussten, als die Moränen der ebenen Schweiz abgelagert wurden. An vielen Orten finden sich aber noch Anschwemmungen, die nach dieser Zeit durch Bäche, Flüsse und Seen abgelagert und zum Theil wieder terrassenförmig eingeschnitten wurden, wobei immer der Umstand zu beachten ist, dass die höheren Terrassen eine grössere Breite der Thäler, mithin auch eine grössere Mächtigkeit der Ströme anzeigen. Diese neueren Bildungen indessen, die mit der Vertorfung der Seen und der ganzen Reihe sich jetzt noch kundgebender Wirkungen im engsten Zusammenhange stehen, werden wir in einem spätern Abschnitte betrachten.

§. 901. Fasst man die sämmtlichen Erscheinungen, wie sie hier dargestellt wurden, in ihrem Zusammenhange auf, so ergiebt sich daraus folgende Erklärung. Nach den tertiären Ablagerungen von Oeningen, Schrotz-

burg u. s. w., deren Flora noch ein südlicheres Klima, ähnlich etwa demjenigen von Madeira, andeutet, verfloss eine lange Periode, während welcher das Klima der Alpengegend soweit sank, dass die Gletscher der Schweiz bis zu den Höhen des Jura vordrangen, die ganze ebene Schweiz demnach vollständig mit Eis bedeckt war. Während dieser grössten Ausdehnung der Gletscher wurden die Findlingsblöcke auf dem Jura und in weiterm Kreise abgesetzt und zugleich als Grundmoräne jene Lehmschichten mit geritzten Rollsteinen gebildet, welche unter den Schieferkohlen sich finden. Nun begann der Rückzug in Folge der allmälig steigenden Erwärmung unserer Erdhälfte. Von den Schmelzgewässern wurden die Massen von geschichtetem Kies und Rollsteinen, die *Alluvions anciennes*, abgesetzt, während an einzelnen Orten bei Blosslegung des Bodens hier und da jene Vegetation sich entwickelte, aus welcher die Schieferkohlen entstanden. Fortdauernder Rückzug und Vergrösserung der Schmelzgewässer überführte diese Ablagerungen aufs Neue mit Kies. Aus dem fast zusammenhängenden Eisfelde tauchten durch fortwährende Schmelzung die Höhenzüge der Mollasse hervor, so dass das Eis nur die Thalniederungen erfüllte, dort längere Zeit Stand hielt und nun alle jene Endmoränen aufwarf, welche wir oben aufführten. Dieser Rückzug war indessen kein gleichmässiger, sondern sicherlich von häufigen Schwankungen unterbrochen, während welcher die Gletscher wieder weit über die geschichteten Anschwemmungen vordrangen und abermals Findlingsblöcke und Grundmoränen darauf absetzten. Wenn wir bedenken, dass das Abschmelzen von Eismassen, die mehrere tausend Fuss Mächtigkeit erreichten und mit dieser Mächtigkeit die ganze ebene Schweiz, ja die ganze Umgebung des Alpengebietes bedeckten, nothwendig eine sehr lange Zeitperiode benöthigte; wenn wir ferner bedenken, dass jetzt Schwankungen eintreten und eingetreten sind, welche binnen weniger Jahre das Vor- und Rückgehen der Gletscherenden um mehrere hundert Meter bedingten; so kann es uns nicht auffallen, dass während dieser Rückzugsperiode wieder gewissermassen aggressive Vorstösse kamen, während welcher die Gletscherenden, die sich schon weiter zurückgezogen hatten, wieder stundenweit in die Ebene vorgeschoben wurden. Dieser Annahme zufolge repräsentirte also die weiteste Ausdehnung der Findlingsblöcke die höchste Entwicklung der Eisperiode; — die Umgrenzung der sechs grossen Gletschergebiete, die wir oben charakterisirten, den ersten Halt innerhalb der Rückzugsperiode; — die Aufschüttung der Endmoränen an den Seen und in den Thälern, einen fernern Halt; — die Vorschiebung der Findlingsblöcke über die älteren Anschwemmungen an manchen Stellen endlich Vorstösse in Folge von Temperaturschwankungen, wodurch die rückziehenden Gletscher wieder eine grössere Ausdehnung gewannen. Es bedarf also zur Erklärung dieser Erscheinungen durchaus nicht der Annahme zweier durch eine Wärmeperiode getrennter Gletscherepochen,

wie einige Forscher dies vorgeschlagen haben. Die Thatsachen lassen sich auf das Ungezwungenste in der angegebenen Weise auffassen.

§. 902. Auf der Südseite der Alpen lassen sich ganz ähnliche Erscheinungen, wie auf der Nordseite, wahrnehmen. Nur ist die südliche Umgrenzung des Eisfeldes, welches der Höhe der Periode entspricht, bis jetzt wahrscheinlich aus dem Grunde nicht gelungen, weil dieselbe allem Anscheine nach noch in die Poebene fiel. Um so besser ist die Ausdehnung der Alpengletscher bekannt, welche, wie in der Schweiz, durch die grossen Thäler und Seebecken hinabstiegen und an den Enden derselben gewaltige Moränen aufwarfen. Geht man von Westen nach Osten, so findet man in dem Thale der Dora riparia zwischen Turin und Rivoli die grosse bogenförmige Endmoräne des vom Mont Cenis herabsteigenden Gletschers, welcher bei Pianezza einen der grössten bekannten Findlingsblöcke abgesetzt hat, der von einer Kapelle gekrönt ist.

Der Gletscher der Dora baltea bildete sich aus verschiedenen Zuflüssen vom Montblanc bis zum Monte Rosa, stieg das Thal hinab und breitete sich in der Ebene in einem weiten Kreise aus, der zwischen Ivrea und Chaluso von der Eisenbahn durchschnitten wird. Man sieht noch deutlich in Form eines ungeheuren Walles die linke Seitenmoräne, die Serra, die rechte und die Endmoräne unterhalb der Seen von Candia und Viverone.

Die unteren Enden der Seen von Orta, Langensee, Lugano, Como, Lecco, Iseo und Garda sind von gewaltigen concentrischen Hügelreihen umgeben, von welchen einige, wie bei Como und Orta, Varese und Lugano den Abfluss gänzlich hindern, so dass die Gewässer zur Seite sich einen Weg bahnen mussten. Die Gletscher stiegen zu diesen Seen durch die Thäler hinab, welche in ihre Becken münden. Fast sämmtliche Schlachten jener Gegenden sind auf diesen Hügelreihen geschlagen worden. Der letzte Gletscher endlich nach Osten hin, welcher noch eine deutliche Endmoräne bei Udine hinterlassen hat, schliesst die Reihe dieser Eiszungen, indem weiter östlich die Höhen nicht bedeutend genug sind, um grössere Gletscherströme ernähren zu können.

§. 903. Der Umstand, dass die meisten Alpenseen von solchen Endmoränen umgürtet sind, hat viele Forscher zu der Annahme geführt, die Gletscher selbst hätten die Thäler ausgeschürft und auf diese Weise das jetzige Relief zum grossen Theile hergestellt. Wenn indessen auch das heutige Niveau der Seen grösstentheils von den alten Endmoränen abhängt, so ist dennoch die Bildung der Seebecken selbst mit anderen Erscheinungen im Zusammenhang, da die meisten derselben tiefe Risse darstellen, von welchen viele, namentlich auf der Südseite, bis weit unter das Niveau des Meeres hinabreichen. Da nun die Gletscher bei

ihrem Vorrücken die Erde zwar in ihren oberflächlichen Schichten aufwühlen nnd vor sich herdrängen, nicht aber sämmtliches bewegliches Material aufpflügen, sondern über dasselbe hingleiten, so kann auch nicht angenommen werden, dass sie diese Seebecken ausgeschürft hätten.

In der Auvergne sind jetzt die deutlichsten Gletscherspuren, namentlich im Umkreise des Cantal beobachtet worden. Die strahlenförmig von diesem Centralvulcan auslaufenden Thäler waren mit Gletschern erfüllt und namentlich lassen sich in dem Thale von Allagnon deutlich Moränen und Schliffflächen unterscheiden. §. 904.

Die Erscheinungen des erratischen Gebildes setzen sich in den Pyrenäen aus denselben Elementen zusammen, wie in den Alpen. Auch hier finden sich in den meisten Thälern Rollsteine, mit eckigen Blöcken gemischt, Blockwälle von bedeutender Ausdehnung, aus regellosen Anhäufungen von Sand und Fragmenten aller Art gebildet, und an vielen Stellen sehr ausgeprägte Rundhöcker mit geschliffenen und geritzten Flächen, die durchaus denen der Alpen gleich sind. §. 905.

Collomb und Martins haben einige dieser alten Gletscher, besonders den von Argeles, in ihren Grenzen hergestellt und nachgewiesen, dass der genannte Gletscher zwischen Lourdes und Tarbes sieben verschiedene Endmoränen aufgeworfen hat. Wodurch sich aber diese Erscheinungen wesentlich von denen der Alpen unterscheiden, dies ist der Umstand, dass an dem Ausgange der Thäler die letzten Gerölle sich mit den geschichteten Rollsteinablagerungen der Ebene vermischen und dass die Findlinge nicht über die Ebenen zerstreut sind, sondern nur bis gegen die Thalmündungen hin sich finden. Die Kraft, welche die Findlinge zerstreute, war demnach in den Pyrenäen in weit geringerer Mächtigkeit wirksam, als in den Alpen.

Die Sierra Nevada unter dem 37. Grade nördlicher Breite zeigt ebenfalls alte Gletscherspuren.

In den Vogesen wurden durchaus dieselben Erscheinungen wahrgenommen. In vielen Thälern und namentlich in den Thälern von Giromagny und St. Amarin, sowie am See des Belchen von Guebviller, finden sich mehrfache concentrische Querwälle von Schuttanhäufungen, und der Boden der Thäler ist mit Geröllen bedeckt, welche die charakteristischen Streifen und Ritzen tragen. Rundhöckerformen zeigen sich ebenfalls, — Politur und Streifen daran sind an vielen Orten vortrefflich erhalten, wie namentlich am Glattstein, bei Wildenstein u. s. w. Mehrere der genannten Localitäten in den Vogesen zeigen die höchste Uebereinstimmnng mit den Alpenthälern. Bis gegen Wesserling hin finden sich nur geritzte Gerölle, die in den südlichen Vogesen, wo sie weggespült wurden, fehlen. §. 906.

§. 907. In dem Schwarzwalde finden sich ähnliche Erscheinungen wie in den Vogesen, wenngleich in mancher Hinsicht, wie es scheint, weniger deutlich ausgeprägt. Auch dort finden sich, entweder frei am Tage liegend, oder nur mit Dammerde, zuweilen auch mit Torf bedeckt, Gerölle, deren Grösse thalaufwärts zunimmt. Diese Gerölle decken meist die Thalgründe, oft bis zu bedeutender Tiefe, da man bis zu 50 Fuss Tiefe zuweilen noch nicht festen anstehenden Fels fand. An einzelnen Stellen trifft man geglättete und geritzte Gerölle, aber nur in den höchsten Thälern solche mit erhaltenen Ecken und Kanten. Schuttwälle, wie in den Alpen, wo regellos durcheinandergeworfene Blöcke aller Grössen wahre Quer- und Längsdämme bilden, finden sich nur an wenigen Stellen, wie namentlich in dem Oosthale in der Nähe von Baden-Baden und an dem Ende einiger Seen, wie z. B. des Titi-, Schluch- und Feldbergsees. Abgerundete, geglättete und polirte Felsen finden sich, nach den bisherigen Beobachtungen, nur in geringer Menge im Schwarzwalde und nur bis zu geringer Erhebung über der Thalsohle — Streifen und Ritzen sollen ihnen fehlen.

§. 908. Der Löss ist eine eigenthümliche Ablagerung von feinem, gelblich grauem, weichem Thone, mit Kalk, vielem Glimmer und feinem Kieselsande gemengt, der im ganzen Rheinthale sowie in den Zuflüssen desselben verbreitet ist und eine Menge von Schnecken und Muscheln enthält, welche Arten entsprechen, die noch jetzt in kälteren gebirgigen oder waldigen Gegenden wohnen. Oft findet man in ihm eigenthümliche Kalkconcretionen (Lösskindel) und Säugethierzähne, Elephanten und Hirschknochen, die dem Anfange der jetzigen Zeit angehören. An einigen Stellen, wie bei Egisheim im Elsass, sind auch Menschenreste im Löss gefunden worden. Der Löss ist die neueste Formation des Rheinthales, er entspricht offenbar derselben Zeit, wo in der Schweiz die Findlingsblöcke zerstreut wurden, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass die bedeutenden Lössmassen, die bis zu 600 Fuss Meereshöhe ansteigen und zuweilen 60 bis 100 Fuss Mächtigkeit haben, eine detritische Masse aus jener Zeit sind, wo die Gletscher in der Schweiz eine so gewaltige Ausdehnung erreicht hatten. Der Löss oder Lehm liegt auf den übrigen Geröllen, die das Rheinthal erfüllen und in denen man zwei Abtheilungen unterscheiden kann. Die unterste dieser Abtheilungen besteht in runden alpinischen Geröllen, ohne Glättung oder Ritzen, mit Knochen von Mammuth, Nashorn, Pferd, Ochs, Hirsch etc. Sie ist an manchen Orten bis 30 Meter mächtig, erfüllt das Rheinthal, dringt in die Seitenthäler ein und ist offenbar der ältern Alluvion der Schweiz gleich zu setzen. Darauf folgt nun eine andere Geröllage, Grand, grober Sand, Rollsteine wie Pflastersteine — aber alle aus den Vogesen und dem Schwarzwalde stammend. Dieselben Knochen finden sich darin, — aber die Geröllschicht stammt offenbar nicht aus den Alpen, sondern aus den Ufergebirgen des Rheins.

Diese rheinische Geröllschicht ist dann von dem alpinischen Detritus der Gletscher, dem Löss, überlagert. In den Seitenthälern der Vogesen ruhen die Blockwälle ebenfalls auf solchen, den Vogesen entnommenen Geröllen, so dass die Epoche des Löss und der Blockwälle einander entsprechen.

Mit Ausnahme der Südhälfte **Englands**, etwa bis in die Breite von London, war der ganze Boden Grossbritanniens zu einer gewissen Zeit entweder unter Gletschern oder unter dem Meere, das, wie die Ostsee, den Charakter eines Eismeeres hatte. Am deutlichsten sind die Gletscherspuren mit den geschliffenen Felsen, den alten Moränen u. s. w. in Wales, wo eine vollständige Aehnlichkeit mit denjenigen der Vogesen hervortritt. Einige dieser Gletscher hatten offenbar die Menaystrasse überbrückt und bedeckten die Insel Angelsea. §. 909.

Im Osten Englands und im Norden, sowie in Schottland, zeigen sich dieselben Spuren, allein einigermassen modificirt durch die Wechselwirkung des Eismeeres und die Oscillirungen des Bodens. An dem schon erwähnten Durchschnitte von Cromer sieht man deutlich, dass zu einer gewissen Zeit im Anfange der Periode das Land höher war, so dass sich der jetzt untermeerische Wald an der Küste hinzog. Dann sank das Festland und zwar an einzelnen Orten bis zu etwa 450 Metern Tiefe, so dass nur die höheren Berge von Schottland, Wales, Cumberland und Irland aus dem Wasser hervorragten. Jetzt bildeten sich jene enormen Ablagerungen von Lehmschichten mit gestreiften und geritzten Rollsteinen, welche unter dem Namen Blocklehm (*boulder clay*) bekannt sind und die häufig grosse von Skandinavien herübergeflösste Blöcke enthalten. Ebenso die zahlreichen Bänke von Polarmuscheln, die namentlich in Schottland ausserordentlich verbreitet sind, und innerhalb welcher sich ebenfalls, wenn auch seltener, nordische Blöcke befinden. Nun hob sich nach und nach wieder der Boden bis zu dem jetzigen Stande, und indem die Berge und Hügel mehr und mehr aus dem Meere hervortauchten, drangen die Gletscher in den Thälern nach abwärts. Aus dieser Epoche stammen denn die geschliffenen Felsen, die Endmoränen der Thäler und jene eigenthümlichen horizontalen Streifen, die man unter dem Namen der *parallel roads* bezeichnet hat, und die sich am schönsten in der Umgegend des Ben Nevis im Thale von Glen-Roy zeigen. Dort sieht man drei vollkommen horizontale Terrassen; die unterste 225 Meter über dem Meeresniveau, die zweite 63 Meter höher, die oberste noch einmal 25 Meter höher. Alle diese Terrassen bestehen aus leichten oberflächlichen Erosionen mit Rollsteinen belegt. Sie enden plötzlich an einer Stelle, wo ein Seitenthal rechtwinklig in das Hauptthal einmündet. Sie sind offenbar Uferlinien, die von einem See hervorgebracht wurden. Da aber das Thal nach unten weit geöffnet ist, so müssen Barrieren bestanden haben, die jetzt verschwunden sind. Die Existenz von geschliffenen und geritzten

Felsen, sowie von Moränen, beweist, dass aus den Seitenthälern hervordringende Gletscher das Hauptthal schlossen, den Abfluss desselben sperrten und den obern Theil desselben in einen See verwandelten.

§. 910. In Skandinavien sind jetzt die Erscheinungen bis in das kleinste Detail bekannt. Sie beginnen mit einer grössern Erhebung des jetzigen Bodens, der in seiner ganzen Ausdehnung in ähnlicher Weise wie jetzt Nordgrönland mit einem zusammenhängenden Eisfelde bedeckt war, dessen Wirkung auf den Boden, in geritzten Schliffflächen bestehend, sich noch weit unter dem jetzigen Meeresspiegel erstreckt. Der Bottnische Meerbusen war damals von Eis wahrscheinlich erfüllt, Finnland gänzlich mit Schweden vereinigt, während schon das Eismeer mit der Ostsee in Verbindung stand. Dieser Periode gehören die ersten Schliffflächen und grosse Anhäufungen eckiger Kiesmassen an, die hier und da Hügel bilden und überall unmittelbar auf geschliffenen und geritzten Felsen aufruhen. Fast alle Steine dieser Hügel sind geschliffen und geritzt, die Anhäufungen sind aus höchst unregelmässigem Material zusammengesetzt; sie stellen also die Grundmoräne des ersten Eisfeldes dar. In einigen Hochthälern, die später nicht mehr unter das Meer versanken, wie bei Lunderrn im Jemtland und am Berg Staika, finden sich deutliche Endmoränen, welche die Thäler schliessen.

Nun begann eine Periode der Senkung, während welcher das Festland zuletzt bis etwa tausend Fuss unter den jetzigen Meeresspiegel sank. Dieser Senkung unter den Spiegel des Eismeeres verdankt man eine Menge von Erscheinungen sowohl auf dem Festlande Skandinaviens selbst als in der weiten Ausdehnung der Blockgrenze, die wir früher bezeichneten. Die Grundmoränen der ersten Gletscherausdehnung, die Blockwälle, welche in den tieferen Thälern ohne Zweifel bestanden hatten, wurden von dem Meere auf das Mannigfaltigste umgewühlt, die Kiesel gerollt, die grösseren Stücke abgerundet und die Ansammlungen selbst durch die Wogen und die Richtung des Ufers bestimmt. So entstanden eigenthümliche langlinige, wallartige Ansammlungen mit abgerundetem Rücken, meist sehr deutlich geschichtet, von abgerundeten Rollkieseln gebildet, die man in Schweden unter dem Namen Ås (Plur. Åsar) bezeichnet. Zuweilen findet sich im Innern dieser Hügel, die wahre Uferbänke darstellen und in einigen Gegenden sich über 1400 Fuss Meeresniveau finden, am häufigsten aber im Tieflande sind und bis zu 180 Fuss Höhe haben können, ein Kern von Sand und Kies, während in dem Ueberzuge geschichtete Muschelmergel gefunden werden.

In derselben Zeit, wo die ursprünglichen Gletscherablagerungen auf diese Weise umgearbeitet wurden, setzten sich starke Lager von Lehm oder feinem Sande ab, die theils aus dem Meere, theils aus den vielfachen Bächen und Seen stammen, die in das Meer sich ergossen.

Das Material dieser Lager wurde wahrscheinlich ebenfalls aus den früheren Gletscherablagerungen ausgewaschen. Der Lehm selbst ist fein geschichtet, und häufig sind seine Schichten um Blöcke herumgebogen, welche in seinem Schoosse durch Eisflösse abgelagert wurden. Diese Ablagerungen gehen im Ganzen nicht so hoch hinauf als die Åsar und zwischen der Höhengrenze beider findet sich ein feiner Sand, dessen Ausbreitung die Strandzone bezeichnet. In diesem Eislehm, wie man ihn genannt hat, finden sich nun jene Muschelbänke, in welchen man schon über 60 Arten von Muscheln gefunden hat, die zum grössten Theil nordischen Species angehören. An einigen Orten wurden auch Knochen von Walthieren, Seehunden, Bären, von Mammuth, an anderen Knollen von Kalk in diesen Schichten gefunden.

Hierauf begann eine Periode der Erhöhung, die noch fortdauert. Der Zusammenhang zwischen den Meeren auf der West- und Ostseite wurde geschlossen, der Wetter- und Wener-See, die noch heute in ihren Tiefen von einigen modificirten Nachkommen der Krustenthiere des Eismeeres bewohnt werden, wurden abgeschlossen und ausgesüsst. Die Gegend zwischen dem Weissen Meer und der Ostsee wurde trocken gelegt. Letztere wurde ein Binnenmeer, das sich dann mit der Nordsee in Verbindung setzte. Das Klima wurde wärmer, und während des Rückzuges des Meeres setzten sich zuerst Lager von schwarzem oder braunem Thon und dann Schichten von hellerem Thon, sogenanntem Feldthon, ab. In diesen finden sich ebenfalls Muschellager, welche aber nicht mehr polare, sondern nur solche Arten enthalten, die jetzt noch in den umgebenden Meeren vorkommen; oder wenn sich noch polare Arten finden, so sind sie offenbar verkümmert oder dem Aussterben nahe. Während dieses Rückzuges stiegen die Gletscher, wie leicht begreiflich, an verschiedenen Orten bis zu dem Meere hinab, so dass die Flössung der Blöcke und ihre Ablagerung in den niederen Strandgegenden fortdauerte. Es ist natürlich, dass diese Blöcke meistens auf den Riffe darstellenden Åsar der niederen Gegenden strandeten, so dass diese häufig mit solchen Blöcken gekrönt sind.

In Nordamerika zeigt sich eine ganz ähnliche Erscheinungsreihe. §. 911.
Die Felsen sind gerundet, geschliffen und gestreift von den höchsten Bergen bis zu dem Seestrande und selbst unter das Meeresniveau hinab. Auf diesen Schliffflächen liegen wirre Massen von Sand, Grus, dicken Blöcken, die aus dem Norden stammen und keine Versteinerungen enthalten. Auf diesem ältern Drift liegen die sogenannten Champlain-Schichten (*Système Laurentien*), dünn geschichteter Lehm, Thon, Sand oft von grosser Mächtigkeit in der Nähe der See aus dem Meere weiter in das Land hinein aus süssem Wasser abgesetzt. Die ersteren enthalten polare Arten, welche sich jetzt weiter nach Norden zurückgezogen haben. In den Umgebungen der Baffinsbay mochte die De-

pression unter das jetzige Niveau etwa 1000 Fuss betragen haben; nach Süden hin ward sie zusehends geringer, so dass sie bei Montreal nur etwa 500 Fuss, im Süden von New-York nur 10 bis 15 Fuss betrug. Später stieg dann der Continent wieder auf, die Flüsse gruben die Terrassen nach und nach in den früher abgesetzten Massen bis zu ihrem jetzigen Bette aus, und während in der Eiszeit ganz dieselben Erscheinungen von Flössung der Blöcke stattfanden, wie in den europäischen Meeren, setzten sich auch später in derselben Weise die jetzigen Anschwemmungen, die Torflager u. s. w. ab.

§. 912. Während sowohl in Europa, wie in Nordamerika, die unzweideutigsten Kennzeichen der Eisperiode vorhanden sind, muss es auffallend erscheinen, dass gerade in dem nördlichen Sibirien, in dem Altai- und Baikalgebirge, sowie den damit zusammenhängenden Ketten bis jetzt noch keine Spur früherer Gletscher entdeckt werden konnte. Ob diese Gegenden wirklich in der Eisperiode ein milderes Klima hatten, oder ob diese Erscheinung nur damit zusammenhängt, dass dort atmosphärische Niederschläge gänzlich fehlten, wie jetzt noch in der Wüste Gobi, dies zu entscheiden muss künftigen Untersuchungen überlassen bleiben.

§. 913. Im Kaukasus, im Himalaya, in den Cordilleren, in Neu-Seeland hat man die Spuren einer frühern grössern Ausdehnung der Gletscher nachgewiesen. Im Libanon, der keine Gletscher mehr besitzt, stehen die wenigen noch übriggebliebenen Cedern auf alten Moränen. Die Küsten des südlichen Chili sind förmlich mit ungeheuren Blöcken übersäet, die von den Cordilleren herabgeschafft wurden. Was freilich neuerdings von Gletscherablagerungen in den Tiefebenen erzählt wurde, welche der Amazonenstrom bewässert, ist eitel Fabel und beruht auf Verwechselung mit Ablagerungen von Massen, die aus der Zerstörung anstehender Felsgesteine hervorgegangen sind.

§. 914. Betrachtet man die ganze Reihe von Erscheinungen, welche sich namentlich in der nördlichen Erdhälfte von dem Beginne der Eiszeit an bis zur Herstellung unseres jetzigen Klimas abgespielt haben, so hält es in der That schwer, eine genügende Erklärung dafür zu finden. Hand in Hand gehen gewissermassen einerseits das allmälige Sinken der Temperatur, welches schon in der Tertiärzeit beginnt, allmälig seinen tiefsten Stand erreicht und von diesem aus wieder zu dem jetzigen Klima sich aufschwingt, und andererseits das allmälige Sinken des nördlichen Festlandes, das um so bedeutender ist, je mehr man nach Norden geht, in Lappland und in der Baffinsbay über 1000 Fuss beträgt, während es in Amerika etwa bis zum 40., in Europa bis zum 50. Grade nördlicher Breite sich fühlbar macht, und das nach und nach durch eine Hebung ersetzt wird, welche in einigen Theilen Europas wenigstens

noch jetzt fortdauert. Die Ansicht, dass diese beiden Erscheinungsreihen mit einander in einem gewissen Zusammenhange stehen, kann demnach wohl von vornherein nicht von der Hand gewiesen werden, und es ist höchst wahrscheinlich, dass der tiefste Stand der Temperatur und demnach die grösste Ausdehnung der Continentalgletscher der tiefsten Senkung des Continentes und der weitesten Ausdehnung der Eismeere entsprachen. Ist dem so, so darf auch eine allgemeine Ursache angenommen werden, welche diese beiden Erscheinungsreihen mit einander verknüpfte und gleichzeitig bedingte. Es scheint also, als müsse man wenigstens einen Grund der Temperaturveränderung in allgemeinen kosmischen Verhältnissen suchen.

Adhemar machte zuerst darauf aufmerksam, dass die sogenannte Präcession der Aequinoctien Temperaturschwankungen bedingt, die zwar, an und für sich betrachtet, nur äusserst gering sind, durch ihre Summirung aber eine gewisse Bedeutung für die mittlere Temperatur der nördlichen und südlichen Erdhälfte besitzen. Wäre diese Ursache allein, so würde die Periode, innerhalb welcher die eine Erdhälfte etwas mehr Licht und Wärme erhält als die andere, von dem ersten Beginn bis zu dem Ausgangspunkte zurück 25 900 Jahre betragen. Die Linie der Apsiden verkürzt aber diese Periode um 5000 Jahre, so dass sie im Ganzen nur etwa 21 000 Jahre beträgt. §. 915.

Jm Jahre 1248 unserer Zeitrechnung trat der Punkt ein, wo die Tag- und Nachtgleiche des Winters mit der grössten Sonnennähe der Erde zusammenfiel. Es empfing demnach zu dieser Zeit die nördliche Erdhälfte am meisten, die südlichste Erdhälfte am wenigsten Licht und Wärme. 10 500 Jahre vor 1248 waren die Verhältnisse gerade umgekehrt. Das Solstitium des Winters fiel mit der grössten Sonnenferne zusammen. Die nördliche Erdhälfte hatte demnach kältere und längere Winter als jetzt. Dieses Verhältniss würde im Jahre 11 748 wieder hergestellt sein. Wir wären also seit etwas mehr als 600 Jahren in einer Periode zunehmender Erkältung und diese Erkältung würde nach einigen Autoren in der Art zunehmen, dass an dem Ende dieser Periode die Eisdecke mit den sie begleitenden Erscheinungen in ähnlicher Weise hergestellt sein würde, wie in der Anfangsperiode der neueren Bildung. Die grössere Anhäufung des Eises auf der einen Erdhälfte sollte nach Adhemar auch die grössere Ansammlung von Wasser und das allmälige Untertauchen der Continente unter den Meeresspiegel bedingen.

Ein englischer Astronom Croll hat eine andere Erklärung versucht. Die Bahnen, welche von den Planeten um die Sonne beschrieben werden, sind nicht unveränderlich, sondern über lange Zeiträume hinaus vertheilten Schwankungen unterworfen, innerhalb welcher sie sich bald mehr der Form der Ellipse, bald mehr derjenigen des Kreises §. 916.

nähern. Auch die Erdbahn ist in diesem Falle. Gegenwärtig ist der Unterschied zwischen dem Kreisdurchmesser und der grossen Achse der Erdlaufbahn nur gering und beträgt etwa 800 Erdhalbmesser, während er vor 200 000 Jahren beinahe viermal so viel, nämlich 3000 Erdhalbmesser betrug. Zu jener Zeit mussten die klimatischen Verhältnisse auf unserm Planeten durchaus verschieden von den jetzt bestehenden sein. Wenn bei dieser grossen Excentricität der Erdbahn die Sonne, wie jetzt während unseres nördlichen Sommers am weitesten von der Sonne entfernt, während unsers Winters dagegen der Sonne am nächsten war, so mussten die Sommer unserer Erdhälfte weniger heiss, die Winter weniger kalt und die Extreme, welche wir jetzt namentlich im continentalen Klima sehen, gänzlich verwischt sein, während im Gegentheil auf der südlichen Erdhälfte, wo die umgekehrten Verhältnisse hinsichtlich der Stellung der Erde zur Sonne statthatten, die Extreme noch viel weiter hinausgerückt, die Sommer noch weit heisser, die Winter noch weit kälter sein mussten. Diese Verhältnisse hätten dann, nach Croll, wie auch nicht anders zu erwarten, einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Vertheilung der Gletscher des Festlandes und des Wassers gehabt.

§. 917. Alle diese aus astronomischen Verhältnissen hergeleiteten hypothetischen Ursachen periodisch wiederkehrender Eiszeiten lassen zwei Einwürfen Raum. Die Periodicität bedingt eine regelmässige Wiederkehr der Erscheinungen innerhalb längerer oder kürzerer Epochen, und bis jetzt ist es noch nicht gelungen, thatsächlich die Spuren solcher periodischer Eiszeiten in früheren Ablagerungen nachzuweisen, und zweitens bedingt sie einen nothwendigen Gegensatz zwischen der nördlichen und südlichen Erdhälfte, indem die eine dieser Hälften zu derselben Zeit die grösste, die andere die geringste Ausdehnung der Gletscher und Meere besitzen muss. Gerade dieser Gegensatz der Erscheinungen wurde aber, wenigstens in Hinsicht auf die grössere Ausdehnung der Gletscher, nicht bestätigt, indem alle Beobachtungen darauf hinzuweisen scheinen, dass im Gegentheil die Ausdehnung der Gletscher in Neu-Seeland, den Cordilleren u. s. w. gleichzeitig mit derjenigen der nördlichen Erdhälfte statthatte. Es dürfte demnach zur Erklärung der Eisperiode ausser den allgemeinen Ursachen auch noch auf locale Ursachen zurückgegriffen werden müssen, welche vielleicht mit jenen in einem günstigen Zeitpunkte sich combinirten, so dass auf diese Weise ein einziges Mal der grösstmögliche Effect erzielt wurde. Diese localen Ursachen mögen an verschiedenen Orten auch verschieden gewirkt haben. So viel ist jedenfalls sicher, dass eben so wenig, wie bei den allgemeinen Ursachen, eine für sich allein von dem ganzen Complexe der Erscheinungen Rechenschaft geben kann.

§. 918. Vor allen Dingen ist hier in das Auge zu fassen, dass das westliche Europa ein durchaus exceptionelles Klima besitzt, welches durch

seine ausserordentliche Wärme sich auszeichnet. Mag man die Isothermen des Jahres oder diejenigen der einzelnen Monate in Berücksichtigung ziehen, immer findet es sich, dass dieselben an den westeuropäischen Küsten am weitesten nach Norden sich erheben und einerseits nach Amerika, andererseits nach dem asiatischen Continente hin der Normalen des Breitengrades sich annähern. Wären die Klimate einzig und allein durch die Stellung der Erde zu der Sonne bedingt, so müssten die Isothermen mit den Breitengraden parallel laufen. Die localen Abweichungen von diesem Gesetze müssen also nothwendig auch durch locale Gründe bedingt sein.

Wir wissen, dass der Grund dieser Erscheinung in der Existenz des Golfstromes und der diesen Meeresstrom begleitenden Luftströmungen liegt, die, aus dem Mexikanischen Meerbusen aufsteigend, in nordöstlicher Richtung den Ocean durchsetzen und auf die europäischen Küsten auftreffen. Existirte der Golfstrom nicht mit den ihn begleitenden wärmeren Luftströmungen, so würde diese Quelle der Erwärmung des westlichen Europas wegfallen. Es ist nun höchst wahrscheinlich, dass derselbe in früheren Zeiten nicht existirte, indem zahlreiche Verhältnisse der Fauna und Flora uns andeuten, dass die Azoren nur Reste eines versunkenen Continentes sind, der früher mit Neu-Fundland zusammenhing und auf diese Weise den Zugang zu dem nördlichen Oceane sperrte. Ebenso ist die Halbinsel Florida, welche durch die Verengung der Ausströmungsöffnung des Mexikanischen Meerbusens die Schnelligkeit des Golfstromes vermehrt, nur ein Product neuerer Korallenbildungen, das innerhalb der jüngsten Zeit aufgebaut wurde. Die Wegnahme des Golfstromes würde das Klima von Neapel etwa auf dasjenige von Boston herabdrücken und dasjenige von Stockholm wenigstens um 4 Grade reduciren, also etwa auf 0 Grad bringen. Man hat berechnet, dass bei übrigens ganz gleichen Verhältnissen eine Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur der Schweiz um 4 Grad die Gletscher der Alpen wenigstens bis in die ebene Schweiz herunterbringen, also in diejenigen Grenzen versetzen würde, die ihnen während des Rückzuges der Eisperiode durch die Endmoränen an den Seen nachgewiesen sind.

Es ist ferner eine bekannte Thatsache, dass die Kälte nicht allein §. 919.
auf die Vergrösserung der Gletscher einwirkt. Bei übrigens gleicher Jahrestemperatur wird ein feuchtes Inselklima mit kühlen Sommern und wenig kalten Wintern selbst auf niedrigen Bergkuppen die Existenz gewaltiger Gletscher bedingen, während ein trocknes Continentalklima mit sehr heissen Sommern und sehr kalten Wintern selbst auf hohen Gebirgen nur Ansammlungen von Schnee, nicht aber wirkliche Gletscher erzeugt. Die Verhältnisse von Neu-Seeland sind in dieser Beziehung ausserordentlich lehrreich, indem dort zwischen dem 40. und 45. Grade südlicher Breite die Gletscher in grössere Tiefe hinabsteigen als in den

Alpen und mit ihrem Südende in wahrhaft tropische Vegetation hineinbrechen. Nun war aber, wie wir nachgewiesen haben, die Ausdehnung der Meere und Süsswasserflächen während der Eiszeit eine weit grössere als jetzt; Europa namentlich hatte ein Inselklima; die ganze Ausdehnung der Sahara stand unter Wasser und trennte das Küstenland Afrikas von dem südlichen Continente und das nördliche Meer, von welchem Ostsee und Weisses Meer nur Ueberreste sind, trug den Charakter eines arktischen Polarmeeres. Durch diese Umspülung mit kaltem Wasser musste die Temperatur der umgebenden Landestheile ebenfalls erniedrigt werden. Die Existenz des grossen Saharameeres im Süden musste die Menge der atmosphärischen Niederschläge noch ungemein vermehren und die allgemeinen Wirkungen des Inselklimas vergrössern. Aehnliche Verhältnisse mögen auch in Amerika gewirkt haben, wo die bedeutende Senkung die Ausdehnung der neueren Süsswasserablagerungen im Norden und der meerischen Ablagerungen im Süden der Union ebenfalls insulare Verhältnisse bedingen. Alle diese Umstände müssen aber auf die Vergrösserung der Gletscher einen sehr bedeutenden Einfluss geübt haben.

§. 920. Endlich sind unzweifelhaft zu Anfang der Eisperiode die Gebirge weit höher gewesen als jetzt. Wenn wir bedenken, dass der ganze Norden Europas bis zur Blockgrenze förmlich mit Trümmern der skandinavischen Gebirge, Mitteleuropa mit Trümmern der Alpen und Pyrenäen überführt ist, dass diese Trümmerablagerungen mächtige Massen darstellen, oft von mehreren 100 Fussen Dicke; so kommen wir zu dem nothwendigen Schlusse, dass das ganze Gebirge zerstört und in die ebenen Gegenden hinabgeführt worden sein muss, dass also die jetzt existirenden Ketten gewissermassen nur das Gerippe jener gewaltigen Gebirgskörper darstellen, welche im Anfange der Eisperiode an ihrer Stelle sich befanden.

An dem einen Orte mag diese, an dem andern jene bedingende Ursache der grössern Ausdehnung der Gletscher bestimmend und in grösserm Massstabe gewirkt haben. Von keiner können wir sagen, dass sie allein gewirkt und ausschliesslich sich geäussert habe. Wenn aber auch angenommen werden mag, dass sowohl die kosmischen wie die localen Ursachen in ihrer Vereinigung noch nicht hinlänglich seien, die Gesammtheit der Erscheinungen zu erklären, so ist doch so viel sicher, dass dieselben jedenfalls nur durch Gletscher, Eismeere und Eisflösse bedingt sein können und dass alle gegen diese unmittelbare Ursache vorgebrachten Einwürfe jetzt so vollständig widerlegt sind, dass sie keiner weitern Discussion bedürfen.

§. 921. An denjenigen Orten, wo Gletscher und Eismeere ihre unmittelbare oder mittelbare Wirkung nicht übten, wurden während dieser Zeit be-

deutende Massen von Lehm-, Sand- und Geröllschichten abgelagert, welche die Thäler oft bis zu Höhen von 500 Fuss über der jetzigen Thalsohle erfüllen, an den einzelnen Orten sehr locale Charakter zeigen und deren einzelne, oft verworrene Schichten in sehr unbeständiger Auflagerung sich folgen. Im Allgemeinen kann man indessen z. B. im Norden von Frankreich, in den Becken der Seine und der Somme, zwei Schichtengruppen unterscheiden — eine untere Gruppe (*Diluvium gris*), meist grauer Lehm oder Sand, mit eckigen, der Unterlage entnommenen Bruchstücken und Rollkieseln, welche oft aus ziemlich entfernten Orten stammen und lange gerollt sind — und in dieser Schichtengruppe finden sich Knochen der ausgestorbenen und ausgewanderten Thierarten (*Elephas primigenius*, *antiquus*; *Rhinoceros tichorhinus*; *Hippopotamus major*; *Megaceros hibernicus*; *Cervus tarandus, elaphus*, *Somonensis*; *Bos primigenius*; *Ovibos moschatus*; *Equus fossilis*; *Felis spelaea*; *Hyaena spelaea*; *Ursus spelaeus*, *arctos*) mit Land- und Süsswassermuscheln (viele Arten von *Helix*, *Succinea*, *Pupa*, *Lymnea*, *Planorbis*, *Paludina*, *Valvata*, *Cyclas* und besonders *Cyrena consobrina*, die in analogen Schichten Englands vorkommt) und endlich in der Nähe der Küsten, wo Meereseinbrüche stattfanden, einige jetzt noch in der Umgebung lebende Meermollusken (*Cardium edule*; *Ostrea edulis*; *Tellina solidula*; *Buccinum undatum*; *Litorina litorea*; *Nassa reticulata*; *Purpura lapillus*). Ueber diesen älteren Schichten, welche Instrumente und Knochen von Menschen enthalten, liegen ebenfalls verworrene Schichten von Löss, Lehm, Sand, mit meist eckigen und wenig gerollten Bruchstücken, meist durch eisenhaltiges Cäment röthlich gefärbt (*Alluvion ancienne*; *Diluvium rouge*; *Diluvium des plateaux*). Diese Schichtengruppe enthält nur selten Knochen der obengenannten Thiere, welche in diesem Falle von den unteren Schichten ausgewaschen scheinen. Aehnliche Schichtenfolgen finden sich in Belgien und in England, wo sie über dem sogenannten *boulder clay* sich finden.

Aus allen diesen Thatsachen geht hervor, dass die Erscheinungen §. 922.
nicht, wie man früher glaubte, einer allgemeinen Fluth zugeschrieben werden können, welche die Erde bis zu einer grossen Höhe bedeckt und alles Lebende vernichtet hätte. Abgesehen von der physischen Unmöglichkeit einer solchen Wasserfluth beweisen die localen Verhältnisse der einzelnen Thäler, die Gletscherspuren, die Eismeer-Phänomene, die Existenz von Schutt- und Aschenkegeln am Rhein und in der Auvergne, deren Aufschüttung vor dieser Zeit Statt hatte und die nur an freier Luft sich ungestört erhalten konnten, dass wir es hier mit einer langen Periode zu thun haben, während welcher Fauna und Flora sich mit dem Klima allmälig änderten, bedeutende Niveauveränderungen Statt hatten und Gletscher, Meere und Süsswässer ihre verschieden combinirten Wirkungen ausübten. Die Annahme einer allgemeinen Diluvial- oder Sint-

fluth muss demnach ein- für allemal aus dem Bereiche der Wissenschaft in dasjenige der Legenden verwiesen werden.

Die Höhlen- und Knochenbreccien.

§. 923. In fast allen Ländern der Welt findet man die Spalten der Felsen, die Grotten und Höhlen, welche besonders in den Kalkgebirgen als Folgen der Erhebungen und der dadurch bedingten Risse sich finden, und die später durch Auswaschung erweitert wurden, zuweilen auch das flache Land streckenweise mit Schichten von röthlichem und gelblichem, eisen- und phosphorsaure Salze enthaltendem oft durch infiltrirten Kalk fest verkittetem Lehm, Sand und molassenartigen, unzusammenhängenden Sandsteinen erfüllt, innerhalb welcher sich nicht nur Gerölle verschiedener Grösse, sondern auch grosse Mengen von Knochen finden. Die Höhlen namentlich haben von jeher die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, da ihre zuweilen überraschenden Formen, ihre weite Erstreckung auch den bloss Neugierigen reichlichen Stoff boten. Die Entstehung und Ausbildung dieser Höhlen beruht auf der Auswaschung von mit Thon erfüllten Hohlräumen, so wie auf der Erweiterung, durch Wasserwirkung oder Einsturz, der Spalten und Risse, welche die Gebirge durchziehen. Einige Gebirge, wie z. B. der Karst über Triest, sind so zerklüftet, dass grosse Flüsse in den Höhlen verschwinden und erst nach langem, unterirdischem Laufe wieder zu Tage kommen. Die grössten und schönsten Höhlen kommen in Kalkgebirgen vor und stellen meist ein System mehr oder minder grosser gewölbter Räume dar, welche durch engere, oft senkrecht abfallende Canäle mit einander verbunden sind. Der Boden der meisten dieser Höhlen wird von Lagern des erwähnten Thones, der oft mit Geröllen gemischt ist, bedeckt, und über dieser knochenführenden Thonschicht breitet sich fast immer eine mehr oder minder dicke Decke von Stalaktitenkalk aus, dessen Bildung stets in den Höhlen durch das von aussen eindringende Wasser unterhalten wird, welches beim Durchsickern durch die Felsen sich mit kohlensaurem Kalke sättigt und beim Verdunsten in den Höhlen denselben wieder in Gestalt von Stalaktiten absetzt. Meist dringen diese Stalaktitenmassen in alle Ritze und Zwischenräume der Lager des Knochenthones und verbinden diese oft zu einer harten Breccie. Jedenfalls ist es nöthig, um sich von der Anwesenheit von Knochen in einer Höhle zu überzeugen, diesen Fussboden von Stalaktiten aufzubrechen und die Knochenlager unter demselben zu suchen. Seine Anwesenheit scheint eine fast wesentliche Bedingung zur Erhaltung der fossilen Knochen zu sein, indem er sie vor dem Zutritte der Luft und vor Verwitterung schützt. In den Breccien, welche die nach oben offenen Spalten der Felsen an vielen Orten erfüllen, sonst aber dieselbe Natur mit dem Fussboden

der Höhlen theilen, zeigen sich die Knochen im Allgemeinen weit weniger gut erhalten, weil es ihnen eben an der schützenden Decke fehlt.

Es sind nur äusserst wenige Fälle bekannt, wo man in diesem Knochenlehme der Höhlen ganze Skelette gefunden hätte; fast immer liegen die Knochen in der grössten Unordnung unter einander; die einzelnen Stücke, welche zu einem Skelette gehören, finden sich selten oder nie in der Nähe zusammen; Reste der verschiedensten Thiere sind mit einander gemengt. Viele Knochen, namentlich die längeren Röhrenknochen, sind zerbrochen und die Art und Weise der Entstehung dieser Brüche hat auf wichtige Schlüsse hinsichtlich der Ausfüllung der Höhlen selbst geführt.

Ueber die Art und Weise, wie diese Knochenreste in die Höhlen und Spalten der Felsen gebracht wurden, herrschen verschiedene Ansichten unter den Geologen, welche sich indessen grossentheils dahin vereinigen lassen, dass eben in den einzelnen Höhlen verschiedene Ursachen gewirkt haben. Aus der überwiegenden Anzahl von Hyänen- oder Bärenknochen, die sich in den meisten Höhlen finden, geht hervor, dass diese Thiere in den Höhlen gelebt und ihre Beute hineingeschleppt haben, welche meistens in Wiederkäuern, Nagern und Dickhäutern bestand. Diese Ursache ist dort um so sicherer festgestellt, wo man wohlerhaltene Excremente, von Hyänen namentlich, antraf, deren Auswürfe ziemlich fest sind. Diese Coprolithen, deren Natur einen weiten Transport durchaus nicht zugelassen hätte, beweisen augenscheinlich, dass die Thiere, welchen sie angehört, in den Höhlen gelebt hatten. Hierzu kommt noch, dass viele von den aufgefundenen Knochen deutliche Spuren von Zahneindrücken zeigen, die von dem Benagen der Knochen herrühren, und dass manche Thiere, Fleischfresser namentlich, tiefe, oft geheilte Knochenwunden zeigen, welche offenbar heftige Kämpfe unter den verschiedenen Bewohnern der Höhle beurkunden. Es schien demnach ziemlich glaublich, dass die Hyänen und Bären, welchen die Mehrzahl der in manchen Höhlen gefundenen Reste angehört, dass diese Raubthiere in den Höhlen einen bequemen Zufluchtsort fanden und dort mit zugebrachten Resten von Thieren ihre Jungen nährten. §. 924.

Durch Versuche mit jetzt noch lebenden Thieren hat man die Art und Weise, wie diese die Knochen der Beutethiere behandeln, näher kennen gelernt. Es versteht sich von selbst, dass je nach der Grösse des Raubthiers und der Stärke seiner Kinnladen diese Wirkung eine verschiedene ist. Da aber grosse Raubthiere auch grosse Beutethiere, kleinere nur solche von geringer Grösse sich wählen, so bleibt das Verhältniss etwa dasselbe. Auch die stärksten Raubthiere, wie Hyänen und Tiger, vermögen die grossen Röhrenknochen, wie Schenkel- und Schienbeine der grösseren Wiederkäuer nicht mit ihren Zähnen zu knacken, §. 925.

lassen dieselben also nothgedrungen bei ihrer Mahlzeit zurück; eben so die Kinnladen, die Rippen, die platten Knochen des Schädels, Schulterblattes und Beckens, da diese letzteren kein Mark enthalten. Dagegen werden alle schwammigen, Fett und Mark enthaltenden Knochen und Knochentheile, so wie die mit Knorpel umhüllten Gelenkköpfe gefressen und abgenagt; so dass also die Wirbelkörper, die bei jüngeren Thieren noch nicht verwachsenen Ansätze der langen Knochen und die schwammigen Ansätze der platten Knochen verzehrt werden. Auch wenn, wie bei Bären, keine festen Coprolithen zurückgelassen werden, so kann man dennoch aus dem Fehlen der schwammigen Knochen und dem Vorhandensein der platten und grossen Röhrenknochen auf die Ansammlung durch Raubthiere schliessen.

Ganz besondere Berücksichtigung verdienen noch diejenigen Spuren, welche die Zähne mancher Nagethiere auf den Knochen zurücklassen. Obgleich die meisten Nager nur Pflanzennahrung geniessen, so benagen doch einige, wie namentlich die Ratten, ausserordentlich gern Knochen, und das Stachelschwein schleppt sogar grosse Mengen derselben in seine Höhle und öffnet durch ringförmiges Umnagen die Röhrenknochen der grössten Thiere, um das Mark zu geniessen. Die Spuren, welche die Zähne der Nager hinterlassen, lassen sich gewöhnlich sehr leicht von den Zahnspuren der Raubthiere, aber sehr schwer von manchen Bearbeitungen mit Meissel und Messer unterscheiden, die von dem Menschen herrühren.

§. 926. In kleinerm Massstabe und namentlich auch in Spalten, die ziemlich unzugänglich sind, mögen noch folgende Verhältnisse mitgewirkt haben. Kranke und verwundete Thiere suchen an solchen versteckten Orten Schutz und verenden dort häufig. Die Raubvögel schleppen nicht nur kleinere Thiere, sondern auch Stücke von grösseren Leichen zu ihren Horsten und in Spalten. Man hat beobachtet, dass nach Ueberschwemmungen, wo Menschen ertrunken waren, einzelne Knochen auf diese Weise verschleppt wurden. Indessen können diese Ursachen keine ausreichende Erklärung für die ungeheuren Ansammlungen geben, welche sich in vielen Höhlen finden, wo auch die Einschleppung durch grössere Thiere, die sie bewohnten, nicht dargethan werden kann.

§. 927. Die physische Conformation vieler Höhlen spricht häufig gegen die Annahme einer Einschleppung der Knochen durch Höhlenbewohner. In dem nebenstehenden senkrechten Durchschnitte der Gailenrenther Höhle in Franken (Fig. 790) zeigen sich mehrere auf einander folgende Kammern, die mit einander in Verbindung stehen. Die in der ersten Kammer befindlichen Thiere konnten die Oeffnung der Höhle zum Ausgange benutzen — allein wie sollten die Bären, deren Reste die Knochenhaufen im Hintergrunde der Höhle bilden, die senkrechten Wände hinaufklettern, zu deren Ersteigung man jetzt lange Leitern braucht?

Viele andere Höhlen zeigen ganz ähnliche Verhältnisse, viele sogar beginnen mit einem senkrechten Schachte und zeigen keinen anderen Zugang.

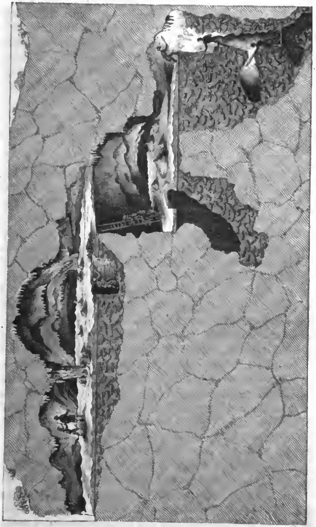


Fig. 790.

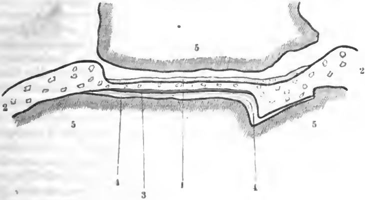
Endlich zeigen offenbar die Gerölle, welche man mit den Knochen gemischt findet, die Lehmablagerungen, in welchen sich die Knochen finden, dass diese fossilen Reste hier theilweise durch Wasserströme

eingeführt und abgesetzt wurden. Dafür spricht ferner die Abnutzung und Rollung vieler Knochen, ihre Zerbrechnng, die gerade die langen und starken Röhrenknochen meist betrifft. Dass unter diesen Knochen, die in die Höhlen geschwemmt wurden, auch solche waren, welche schon von reissenden Thieren angenagt waren, ist nicht zu verwundern, und dass die Höhlen selbst von vielen dieser Raubthiere bewohnt waren, deren Excremente sich mit den eingeführten Knochen mischten, oder auch, dass sie Reste kranker Thiere enthalten, welche dort einen letzten Zufluchtsort bei dem herannahenden Tode suchten, hat ebenfalls nichts Auffallendes. Für solche Höhlen also, wo entweder Geröllschichten mit Sand und Grus und Erosionen direct die Wirkung des Wassers nachweisen, oder andere Ursachen der Ausfüllung nicht angerufen werden können, muss die Einwaschung der Knochen durch Wasserströmungen angenommen werden.

§. 928. Die Untersuchungen der Neuzeit haben nachgewiesen, dass viele Höhlen ganz oder theilweise vom Menschen angefüllt wurden, der dieselben entweder als Grabgewölbe, als Wohnung, oder in ihren verschiedenen Abtheilungen als beides zugleich benutzte. Während in den meisten Höhlen nur Ablagerungen aus einer und derselben Epoche sich vorfinden, indem in den oberen Schichten des Knochenlehms, wenn dieselben auch mehr oder minder vollständig durch Zwischenlager von Stalaktiten geschieden sind, doch nur dieselben Thiere vorkommen wie in den unteren, so findet man auf der andern Seite manche Höhlen mit deutlich getrennten Ablagerungen aus zwei oder drei, durch die darin enthaltenen Thierknochen, als verschiedenen Epochen angehörige Schichten charakterisirt, erfüllt. Und andererseits sieht man häufig, dass gewisse Höhlen zur ältern Zeit des Höhlenbären, andere in neuerer Zeit z. B. in der Rennthierperiode angefüllt wurden. So lieferte die Untersuchung der sogenannten Hyänengrotte (Fig. 791) im Lessethale, die quer durch den Felsen durchgeht, folgende Schichten von oben nach unten: 1) Dammerde, hauptsächlich aus todten Blättern zusammengeweht, mit Knochen von Füchsen, Dachsen, Euten und Hühnern. 2) Darunter eine mächtige Schicht gelben Lehms mit eckigen kleinen Bruchsteinen, die sich über die Oeffnungen der Grotte hinaus an den Gehängen der Thalwand fortsetzte. In dieser Schicht finden sich zerschlagene Knochen vom Rennthiere und Pferde und einige vom Menschen bearbeitete Kieselinstrumente vor. 3) Eine dünne unzusammenhängende Schicht von Tropfstein. 4) Gelbgrauer Sandlehm mit einigen Rollsteinen und Bruchstücken von der Decke der Grotte gemischt, mit Spuren von Schichtung. In diesem Lehme lagen zahlreiche Knochen ohne Ordnung, die dicksten unten. Am häufigsten waren die Höhlenhyäne, Knochennashorn und Pferd, seltener der Höhlenbär, das Mammuth, das Rennthier und ein oder zwei grosse Rinderarten vertreten.

Die langen Knochen zeigen deutliche Zahneindrücke von einem grossen Raubthiere, während die Hyänenknochen nicht benagt sind; diese letz-

Fig. 791.



Durchschnitt der Hyänenhöhle (*Trou des Hyènes*) nach Dupont.
5 Felsen. 4 Hyänenschicht. 3 Tropfsteinschicht. 2 Rennthierschicht. 1 Dammerdeschicht.

teren hatten also wohl die Knochen der übrigen Thiere in die Höhle eingeschleppt. Hierauf war eine kleine Ruheperiode eingetreten, während welcher der Tropfstein sich absetzte. Dann lebte hier der wilde Mensch, der die Knochen seiner Jagdthiere, besonders des Rennthieres, und seine Instrumente zurückliess, bis endlich Füchse und Dachse der Jetztzeit in der Höhle ihren Wohnsitz aufschlugen.

Die Anwesenheit des Menschen und seine Mitwirkung zur Ausfüllung der Höhlen lässt sich nicht nur aus den Anhäufungen von Instrumenten verschiedenster Art, der Anwesenheit von Herdsteinen und Skeletten, sondern auch namentlich aus der Art und Weise erschliessen, wie die Knochen behandelt sind. Gewöhnlich schleppte der Mensch nicht das ganze Thier, das er auf der Jagd erbeutete, sondern nur diejenigen Stücke nach Hause, welche ihm zur Nahrung, oder zur Verfertigung von Werkzeugen besonders vortheilhaft erschienen, und da noch jetzt bei wilden Völkerschaften das Knochenmark als Leckerbissen gilt, so darf es uns nicht wundern, wenn der Mensch gerade die Röhrenknochen, welche die Raubthiere nicht bewältigen konnten, zerschlug und zersplitterte und die Schädel öffnete, um das Gehirn zu verspeisen, während er die schwammigen Knochen und Knochenansätze unberührt liess. Ferner benutzte er gerade die Splitter der Röhrenknochen, sowie gewisse mehr oder minder spitz zulaufende Knochen und die Geweihe der Rennthiere und Hirsche zur Herstellung von Geräthschaften, die §. 929.

zuweilen sehr kunstvoll angefertigt und verziert sind. Es zeigt sich demnach meistens eine durchgreifende Verschiedenheit zwischen den von Raubthieren und Menschen veranlassten Knochenanhäufungen.

§. 930. Wenn die Höhlen schon an und für sich der Untersuchung manche Schwierigkeiten entgegensetzen, so werden dieselben noch durch den Umstand vergrössert, dass in vielen derselben die Ablagerungen nicht unberührt gelassen, sondern im Gegentheil nach ihrem Absatze umgewühlt und durch einander geworfen wurden. Häufig geschah dies durch spätere Einstürze der Decken und Gewölbe oder durch Einbrüche von unterirdischen Wasserläufen, welche die Ablagerungen durch einander warfen und zum Theil weiter schwemmten. Ferner dienten fast zu allen Zeiten grössere und kleinere Höhlen und Grotten als Wohnungen, Zufluchtsstätten oder Begräbnissorte; und so konnte es nicht fehlen, dass häufig Ablagerungen aus den verschiedensten Zeiten unter einander geworfen und mit einander vermischt wurden. Dass solche Zufälle vorgekommen sind, kann ebenso wenig geleugnet werden, als man die Annahme des allgemeinen Vorkommens solcher Zufälligkeiten zurückweisen muss.

§. 931. Wollen wir die Erscheinungen, welche die Höhlen und Grotten darbieten, und die Ursachen ihrer Ausfüllung mit Knochenlehm und Knochenbreccien kurz zusammenfassen, so müssen wir sagen, dass die Ausfüllung in sehr verschiedenen Zeiten geschah, indem man welche sogar aus den älteren Tertiärschichten kennt; dass in manchen Höhlen verschiedene Schichten aus verschiedenen Epochen sich zeigen; dass unter den Ursachen in erster Linie die Einschleppung durch Thiere, durch den Menschen und durch Wasserläufe stehen, und dass in jedem einzelnen Falle erst die genaue und methodische Durchforschung nachweisen kann, welche von diesen Ursachen mitgewirkt hat, und in welcher Periode die Ausfüllung Statt hatte.

§. 932. Die Kalkgebirge namentlich sind an Höhlen sehr reich und haben bis jetzt die grösste Ausbeute geliefert. In **Deutschland** ist es besonders der fränkische Jura mit seinen mannigfach zerklüfteten Dolomiten, in welchem die berühmten Knochenhöhlen von Muggendorf, Gailenreuth und andere in dem Thale der Wiesent vorkommen. Die Bärenknochen sind hier, wie in den Höhlen des Harzes (Baumannshöhle, Bielshöhle etc.), in grosser Mehrzahl, und man berechnet die Anzahl der Individuen, deren Reste man schon zu Tage gefördert hat, auf viele Hunderte. Sehr zahlreich sind Höhlen und Grotten in dem westphälischen Kalkgebirgszuge zwischen Düsseldorf und Iserlohn, und darunter namentlich die Höhlen von Balve und Sundwig durch ihren grossen Reichthum an Knochen, die neu entdeckte Dechen-Höhle an der Grünne

durch ihre schönen Tropfsteinbildungen bekannt. In dem schwäbischen Jura, in Böhmen und Kärnthen finden sich Höhlen von geringerer Bedeutung; dagegen ist wieder die Adelsberger Höhle in Krain eine der grössten und durch den Reichthum von prachtvollen Stalaktitenbildungen eine der schönsten bekannten Höhlen. Der ganze Karst ist von Höhlen und unterirdischen Wasserläufen durchzogen, die eine merkwürdige, grösstentheils blinde Fauna enthalten.

In Belgien ist namentlich die Provinz Lüttich reich mit Höhlen bedacht, von welchen die älteren der Zeit des Höhlenbären, die jüngeren der Rennthier-Epoche angehören.

In Frankreich findet sich besonders in dem ganzen Zuge des Jura längs der östlichen Grenze bei Besançon eine grosse Menge von Höhlen, in welchen die Bären vorwiegen, während im Süden in den jurassischen und tertiären Kalken der Umgegend von Montpellier die Bären zwar auch noch das Uebergewicht behalten, aber doch mehr mit Nagern, Wiederkäuern und Dickhäutern gemischt erscheinen, im Périgord dagegen die Ablagerungen aus der Rennthierzeit überwiegen.

In England bildet die Höhle von Kirkdale in Yorkshire insofern eine merkwürdige Ausnahme, als darin die Hyänen weit über alle anderen Reste vorwiegen. Ausser dieser genannten kommen noch in vielen jurassischen und Kohlenkalken Englands Höhlen vor.

An vielen Orten Brasiliens findet man eine Schicht rothen Thones §. 933.
mit Sand- und Geröllbänken untermengt, die 10 bis 50 Fuss mächtig den Boden bedeckt und überall in die vielen Höhlen eindringt, welche die kalkige Küstenkette Brasiliens zeigt. In dieser Schicht liegen bunt durch einander die Reste einer äusserst merkwürdigen Schöpfung, deren grosse Bedeutung für die Zoologie namentlich man erst in den neueren Zeiten recht kennen gelernt hat. Man hat bis jetzt mehr als hundert Arten fossiler Säugethiere aus dieser rothen Thonschicht der Höhlen Brasiliens bestimmt, worunter eine grosse Anzahl Affen, Raubthiere (besonders Katzen und hundeartige Thiere), eine grosse Anzahl von Nagern, Beutelratzen (*Didelphys*) und namentlich eine grosse Menge zahnloser Säugethiere (Edentaten), während die Dickhäuter verhältnissmässig gegen die fossilen Faulthiere, Megatheriden und Gürtelthiere selten sind, und auch, Mastodonten und Pferd ausgenommen, nur aus Geschlechtern bestehen, die noch heute in Südamerika leben, nämlich aus Tapiren und Pecaris. Ausser diesen Säugethieren finden sich mehre Arten von Straussen und anderen Vögeln, Schlangen, Eidechsen, Krokodilen und Batrachier in grossen Mengen; in einzelnen Höhlen hat man auch Ueberreste von Menschen gefunden, welche mit den zum Theil ausgestorbenen Thierarten zusammenlebten. Es schliessen sich diese Knochenthone Brasiliens nahe an die Pampasthone des Rio de la Plata an; nur mit dem Unterschiede, dass hier wie in den europäischen

Höhlen und Knochenbreccien alle Knochen unter einander liegen, oft zerbrochen sind oder deutliche Spuren von Rollung zeigen, während man in den Pampas meist ganze Thiere zusammenfindet, wie die vielfachen Skelette beweisen, die man schon von dorther erhalten hat.

§. 934. Auf mehren Punkten von Neuholland hat man ähnliche Knochenbreccien und Knochenhöhlen gefunden wie in Europa, deren geognostische Verhältnisse durchaus mit den aus unserem Welttheile geschilderten übereinstimmen. In dem Wellington-Thale, ferner in Südaustralien, bei Melbourne und auch an mehren anderen Orten wurden solche fossile Reste gefunden, die auf höchst eigenthümliche Weise von den gleichzeitig in Amerika und Europa begrabenen Faunen abweichen, und zwar ganz in ähnlicher Weise, wie die jetztlebende Thierschöpfung Neuhollands von derjenigen der übrigen Continente sich auszeichnet. Alle bis jetzt einheimisch in Neuholland gefundenen Thiere gehören, mit Ausnahme der noch tiefer stehenden Monotremen (Schnabelthiere), der Classe der Beutelthiere oder Didelphen an, bei welchen das Junge in höchst unvollkommenem Zustande geboren wird und erst an der Zitze hängend sich ausbildet. Die jetzt lebenden Beutelthiere bilden eine den übrigen Säugethieren analoge Reihe; — man findet Fleischfresser, Insectenfresser, Vierhänder, Nager und Wiederkäuer unter ihnen, so dass man fast allen Gruppen der monodelphen Säugethiere eine analoge Gruppe von Beutelthieren zur Seite stellen kann. Die paläontologischen Forschungen haben nun erwiesen, dass auch in den Knochenbreccien Australiens derselbe Charakter vorwiegend ist, indem man fossile Kängnruhs, theilweise von kolossaler Grösse, Beutelwölfe, Wombats, Insectenfresser und Vierhänder gefunden hat, die sämmtlich zu den Beutelthieren, und zwar meist zu noch lebenden Geschlechtern gehören, aber bestimmt verschiedene Arten bilden. In neueren Zeiten hat man auch nachgewiesen, dass verschiedene Arten von Dickhäutern dort zur Diluvialzeit gelebt haben, deren eigenthümliche Charaktere ebenfalls darauf hinzuweisen scheinen, dass sie Beutelthiere waren. Alle bis jetzt gefundenen fossilen Reste Neuhollands gehören demnach Beutelthieren an, mit einziger Ausnahme vielleicht des Mastodon, von welchem man einen sehr wohlerhaltenen Zahn gefunden hat, der einer eigenthümlichen Species angehörte. Vielleicht dass es auch beuteltragende Mastodonten gab; der bis jetzt bekannte Zahn berechtigt indess nicht zu dieser Annahme. Abstrahirt man von dieser Ausnahme, und betrachtet man die Vertheilung der Säugethiere während der Diluvialzeit im Grossen, so stellt sich das Gesetz heraus, dass dieselben Formen, welche wir jetzt auf gewissen Continenten treffen, auch schon zur Diluvialzeit auf dieselben beschränkt, aber durch andere Arten repräsentirt waren.

Unter den fossilen Säugethieren Australiens verdienen besonders aufgeführt zu werden:

Phalangista.	*Phascolomys.*
Dasyurus laniarius.	*Diprotodon australis.*
Hypsiprymnus.	*Nototherium inerme, Mitchellii.*
Macropus Titan, Atlas.	*Mastodon australis.*

In Nenseeland haben sich ähnliche Knochenbreccien gefunden wie in Neuholland, nnd auch hier bestätigt sich das Gesetz der Beschränknng derselben analogen Formen auf denselbon Landstrich während nnserer und der Diluvialzeit. Das einzige auf Nouseeland einheimisch gefundene Säugethier war eine kleine Ratte; dagegen findet man dort einen höchst eigenthümlichen Vogel ohne Flügel, der in einiger Beziehung den Straussen sich nähert und Apteryx genannt wird. Dio Knochenbreccien Neuseelands enthalten eine grosse Menge von gigantischen Vogelknochen, welche einem Geschlechto angehören, das viele Beziehnng zum Apteryx hat und Dinornis genannt wurde. Man hat schon sechs verschiedene Species dieser Vögel gefunden, die sich durch eine ausserordentliche Entwickelung der Knochen der Beine auszeichnen nnd mit Mark gefüllte Knochen hatten, während die jetztlebenden Vögel hohle, mit Luft gefüllte Knochen besitzen. Die Dinornis-Arten, deren einige mehr als doppelt so gross als der Strauss gewesen zu sein scheinen, konnten demnach nur laufen, nicht fliegen. Säugethierknochen sind in Nenseeland noch nicht entdeckt worden. §. 935.

Werfen wir einen Blick auf das Verhalten der organischen Welt während der Eis- nnd Höhlenzeit, so tritt als erstos Resnltat uns dio Thatsache entgegen, dass das organische Leben während derselben durchaus nicht aufhörte, so wenig als es jetzt in den höchsten bekannten Polar- oder Gebirgszonen vollständig verschwnnden ist. Was znerst die Flora betrifft, so hat Spitzbergen jetzt noch an 100 Phanerogamen und beinahe 300 Kryptogamen, Grönland noch mehr, und unter dem 74° Breite zeigt das nördliche Amerika noch 83 Phanerogamen, von denon es 58 mit Spitzbergen gemein hat. Anf dem Gipfel des Faulhorns bei 2683 Meter Meereshöhe wachsen noch 132 Arten von Phanerogamen, von welchen 40 in Lappland und 11 auf Spitzbergon sich wiederfinden; ja in den Pyrenäen anf dem 2877 Meter hohen Pic de Bigorre finden sich unter 72 Phanerogamen 14 lappländische und 5 spitzbergische Arten. Von 360 schweizerischen Arten dos Hochgebirges finden sich beinahe die Hälfte, 158, in den Polarländern wieder und 42 in der Ebene nm Zürich. Aus diesen Thatsachen, verbunden mit don Resultaten der Untersnchungen der Pflanzen bei Cromer, Dürnten, Utznach etc., geht also hervor, dass zur Eiszeit die Pflanzen des Nordens und der Hochgebirgo in die Ebenen herniederstiegen, dass eino ziemlich gleichförmige Flora während der Eiszeit Europa bedeckte, und dass bei dem Rückznge des Eises die einem kälteren Klima angehörigen §. 936.

Pflanzen dem Rückzuge folgten, nicht ohne Nachkömmlinge in den Ebenen zu hinterlassen.

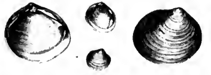
§. 937. Hinsichtlich der **Fauna** ergeben sich ähnliche Schlüsse.

Wir erwähnen unter den vielen Formen von Thieren, welche in den Diluvialschichten vorkommen, besonders folgende, die bestimmten Aufschluss über die klimatischen Verhältnisse bieten.

Im **Löss** kommen Land- und Süsswassermollusken vor, welche grösstentheils nicht mehr im Rheinthale, wohl aber in der Hügelregion und in den Voralpen leben.

Dahin gehören mehrere Cyclas-Arten. Diese Gattung, welche nur im süssen Wasser sich findet und sehr kleine, gewölbte, dünne Schalen mit äusserem Schlossbande und sehr wenig vorspringenden Schlosszähnen besitzt, gehört zu einer eigenen Familie, die zwei Muskeleindrücke, gleiche Schalen und einfachen Manteleindruck zeigt. Das Thier hat kurze Athemröhren.

Fig. 792.



Cyclas amnica. Aus dem Löss. In der Mitte die Schalen von Innen und Aussen in natürlicher Grösse — zur Seite vergrössert.

Zu den Lungenschnecken mit vier Fühlern, schneckenförmiger Schale, faltenloser Spindel gehört die typische Gattung Helix (Fig. 793) mit niederer Schale und wenigstens ebenso breiter als hoher Mundöffnung; ferner die Gattungen: Bulimus (Fig. 794), mit langer gewundener Schale und wulstiger Mundöffnung, die höher als breit ist; Pupa (Fig. 795 u. 796), meist sehr kleine Schneckchen mit thurmförmiger, an der Spitze sehr stumpfer Schale und eingebogener, wulstiger Mundöffnung. Die Clausilien (Fig. 797), mit längerer, spitzerer Schale. Die Bernsteinschnecken (*Succinea*, Fig. 798 u. 799), mit sehr weiter Mundöffnung, höher als breit, mit schneidender Lippe und scharfer, dünner Spindel.

Fig. 793.



Helix plebeja. Aus dem Löss.

Fig. 794.



Bulimus lubricus. Löss.

Fig. 795.



Pupa tridens. Löss.

Fig. 796.



Pupa muscorum. Löss.

Fig. 797.



Clausilia bidens. Löss.

Fig. 798.



Succinea elongata. Löss.

Fig. 799.



Succinea amphibia. Löss.

Zu den auf dem Lande und im Süsswasser lebenden, aber durch Kiemen athmenden Schnecken gehören die Gattungen: Cyclostoma (Fig. 800), mit aufgerollter, niederer oder länglicher Schale, runder, meist umgeschlagener Mundöffnung, glatter Spindel und spiraligem Deckel, der die Mundöffnung völlig schliesst. Diese Schnecken leben an feuchten Orten auf dem Lande, während die Arten der Gattung Paludina (Fig. 801), die eine dünne, ziemlich lange, wenig bruchige, mit grüner oder brauner Oberhaut bedeckte Schale mit ganzer, scharfer Mundöffnung und dünnem Horndeckel besitzen, im Wasser leben. §. 938.

Fig. 800.



Cyclostoma elegans. Löss.

Fig. 801.



Paludina marginata. Löss. In der Mitte Angabe der natürlichen Grösse, die Figuren zu beiden Seiten stark vergrössert.

Aus den Muschelbänken Englands, Schottlands und Norwegens mit mehr arktischem und circumpolarem Charakter bilden wir folgende Arten ab, deren Gattungen schon charakterisirt wurden. §. 939.

Fig. 802.



Astarte borealis. Norwegen.

Fig. 803.



Leda oblongata. Schottland.

Fig. 804.



Pecten islandicus. Ueberall.

Fig. 805.



Saxicava rugosa. Schweden.

Fig. 806.



Leda truncata. Norwegen.

Fig. 807.



Tellina proxima. Schottland.

Ferner von Gasteropoden:

Fig. 808.



Natica clausa. Schottland.

Fig. 809.



Trophon (Murex) clathratum.

§. 940. Während wir die übrigen Classen des Thierreiches übergehen können, erfordern die ausgestorbenen Vögel eine besondere Aufmerksamkeit. Das Schicksal betraf vorzüglich solche Vögel, die wegen der bedeutenden Verkümmerung ihrer Flügel des Flugvermögens gänzlich beraubt und meistens auf Inseln angesiedelt waren, wo sie den Nachstellungen der Raubthiere nnd des Menschen nicht entgeben konnten. Die meisten starben erst in historischer Zeit aus; zuletzt der grosse Alk (*Alca impennis*), ein Tauchvogel von der Grösse einer Gans mit stark zusammengedrücktem, hohem, gerieftem Schnabel, der früher sämmtliche Nordseeküsten bewohnte und noch im Anfange des Jahrhunderts bei Island häufig war; sodann der Dronte (*Didus ineptus*) und wenigstens noch ein anderer Vogel mit verkümmerten Flügeln und langem Schnepfenschnabel (*Aphanapteryx imperialis*), die auf der Insel Mauritius bis in das 17. Jahrhnndert lebten (von dem ersteren kamen lebende Exemplare nach Europa); der auf Madagaskar lebende Aepyornis, von dem man nur die ungeheuren Eier kennt, nnd endlich mehrere Arten einer ausgestorbenen Gattung von riesigen Laufvögeln, die den Strauss weit an Grösse und Plumpheit übertreffen und auf Neuseeland zu Hause waren, wo sie den Eingeborenen unter dem Namen Moa bekannt sind. Die Maoris haben noch Legenden von Kämpfen, welche ihre Voreltern mit den Moas bestanden. Diese Riesenvögel (*Dinornis*) hatten dreizehige, ungemein plumpe Füsse, ein breites Brustbein ohne Kiel, gänzlich verkümmerte Flügel, kurzen gekrümmten Schnabel, Knochen ohne Lufthöhlen, mit Mark gefüllt, wie bei den Säugethieren, nnd glichen in ihrer anatomischen Structur mehr dem heutigen flügellosen Vogel Neuseelands, dem Kiwi (*Apteryx*), als den Straussen.

§. 941. Unter den ausgestorbenen Säugethieren (denn die noch lebenden können wir als bekannt voraussetzen) erwähnen wir den Riesenhirsch (*Megaceros hibernicus*, Fig. 810), der vielleicht in verschiedenen Arten in ganz Centraleuropa, von Island und Schottland bis zum Po und den südlichen Theissgegenden gefunden wird. Die Gattung vereinigt die Charaktere des Skeletts vom Hirsch mit Geweihen, welche dem Elen näher stehen, aber eine starke Stange vor der Palme haben, von welcher ein Augenzinke nach vorn und oben abgeht.

Unter den übrigen Wiederkäuern sind namentlich die Ochsen bemerkenswerth. Der Ur (*Bos primigenius*) mit platter Stirn und grossen Hörnern scheint sich in die schweren Hausrinder umgewandelt zu haben; der Wisent (fälschlich Auerochs — *Bison europaeus*) lebt noch in Lithauen, ausserdem gab es noch wenigstens zwei wilde Arten.

Das Pferd der Dilnvialzeit war dem jetzigen ähnlich — ebenso die Schafe und Ziegen.

§. 942. Es gab mehre Arten von Nashörnern. Eine sehr häufig und überall mit dem Mammuth zusammen vorkommende Art, das Knochen-

Nashorn, ***Rhinoceros tichorhinus*****, Fig. 811, die zwei erstaunlich grosse Hörner hatte, von denen das eine auf der Nase, das andere, kleinere,**

Fig. 810.



Restauration des Riesenhirsches. *Megaceros hibernicus.* Irland.

Fig. 811.



Schädel von *Rhinoceros tichorhinus.* Aus dem sibirischen Sande.

zwischen den Augen sass, besitzt eine knöcherne Nasenscheidewand, die dem Horne noch einen festeren Stützpunkt verleiht. Ungegründete Phantasien alterthumseliger Mährchenliebhaber hatten aus den fossilen Rhinoceroshörnern Klauen des Vogels Greif oder des Vogels Rock gemacht, der in Tausend und eine Nacht eine so bedeutende Rolle spielt. Im Jahre 1781 fand **Pallas** im gefrorenen Schwemmboden am Ufer der Lena in 64° nördlicher Breite eine Leiche dieser Art, welche freilich sehr verfault war, aber doch erkennen liess, dass das Thier mit Haaren bedeckt war und nicht, wie die jetzigen Nashörner, eine nackte Haut hatte. Ausser dieser Art kommen noch, freilich seltener, zwei andere vor, *Rh. Merckii* und *Rh. leptorhinus*, das ebenfalls zwei Hörner hatte und dem zweihörnigen Nashorn vom Cap sehr ähnlich war (Fig. 812).

Fig. 812.



Backenzahn von *Rh. leptorhinus*.

Fig. 813.

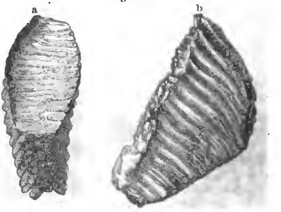


Backenzahn von *Hippopotamus major*.

Das schon in den jüngeren Tertiärschichten lebende Flusspferd (*Hippopotamus major*) fand sich auch noch später (Fig. 813).

§. 943. Die osteologischen Charaktere der **Elephanten**, nach denen allein die fossilen Reste dieser Thiere bestimmt werden können, sind äusserst leicht festzustellen und so hervortretend, dass Verwechselungen unmöglich sind. Die Backenzähne dieser Thiere (Figuren 814, 815 u. 816) sind aus senkrechten Blättern oder Lamellen zusammengesetzt, welche

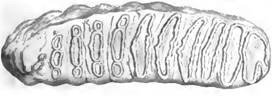
Fig. 814.



Backenzahn vom Mammuth (*Elephas primigenius*); *a* von der Kaufläche, *b* von der Seite gesehen.

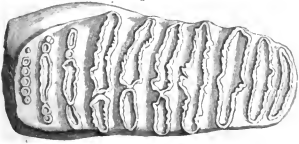
aus Zahnsubstanz mit umgebendem Schmelz bestehen und durch ein eigenthümliches Cement mit einander verkittet sind. Es finden sich

Fig. 815.



Backenzahn von *Elephas antiquus*. Kaufläche.

Fig. 816.



Backenzahn von *Elephas meridionalis*. Kaufläche.

nie mehr als zwei solcher Zähne in jeder Kieferhälfte, oft nur einer; die Zähne ersetzen sich von hinten nach vorn, indem nach der Abnutzung des vorderen der hintere an die Stelle tritt. Je älter das Thier, desto mehr Lamellen haben die Backenzähne. Die Form dieser Lamellen, die bald rautenförmig, bald oval, oder selbst schlangenförmig gewunden sind, bietet äusserst bestimmte Kennzeichen für die Art dar. Nach ihnen kann man noch mehre Arten unterscheiden: *E. antiquus* und *meridionalis*, deren Lamellen denjenigen des jetzigen afrikanischen Elephanten ähnlich sehen. Beide lebten schon in den jüngsten Tertiärschichten. Die Stosszähne sind ebenfalls charakteristisch für die Elephanten, und nicht minder die zellige blasige Beschaffenheit der Schädelknochen.

Man hat bis jetzt eine Menge fossiler Elephantenknochen in allen Theilen der Erde gefunden; kein Land ist aber so reich daran als Sibirien und Nordasien überhaupt, wo der Boden wirklich von Elephantenknochen durchsäet ist und mit dem fossilen Elfenbein ein ansehnlicher Handel getrieben wird. Merkwürdiger Weise hat man auch schon Cadaver solcher fossilen Elephanten oder Mammuthe mit Fleisch und Haar sehr wohlerhalten in dem vereisten Schwammboden Sibiriens an den Ufern der Lena gefunden und sich überzeugen können, dass das Mammuth mit einer Art Wolle bedeckt war, unter welche steife, stracke

Haare gemischt waren, die im Nacken eine Mähne und lange Behänge an den Ohren, den Wammen und Weichen bildeten. Seither in den Rennthierhöhlen Südfrankreichs aufgefundene Darstellungen des Mam-

Fig. 817.



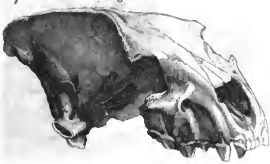
Skelett des Mammuth (*Elephas primigenius*).

muth, die jedenfalls nach dem Leben gebildet sind, haben diese Funde bestätigt. Offenbar scheint demnach der fossile Elephant Sibiriens auf ein rauheres Klima angewiesen gewesen zu sein, als die jetzigen Elephanten, die keine solche Hautbedeckung haben.

§. 944. Die hundeartigen Raubthiere, welche keine zurückziehbaren Nägel besitzen, sind hauptsächlich durch die Hyänen vertreten, welche ebenso wie die Bären meist Höhlen bewohnten. Der Zahnbau der Hyänen schliesst sich, durch die Beschaffenheit der Backenzähne besonders, an

den Typus der ächten Fleischfresser, an die Katzen an, während der Gliederban sich demjenigen der Hunde nähert. Mit dem ränberischen Instinct Hand in Hand gehen die Länge und Grösse der mittleren

Fig. 818.



Schädel der *Hyaena spelaea*. Von der Seite.

Schädelleiste, zu deren beiden Seiten die mächtigen Kaumuskeln sich ansetzen; der kurze, kräftige Unterkiefer und der starke, muskulöse Hals. Die Eckzähne sind gross, stark, messerförmig; die Backenzähne zwei-

Fig. 819.



Derselbe von oben.

Fig. 820.



Abgenutzter Fleischzahn der Hyäne.

lappig, schneidend; der Höckerzahn hat eine mittlere Grösse. Man hat mehre Arten von Hyänen unterschieden und Höhlen gefunden, in welchen sie offenbar die einzigen Bewohner und die übrigen Knochen theilweise nur Reste ihrer Mahlzeiten waren.

Der Höhlenlöwe (*Felis spelaea*) war etwas grösser als der jetzige Löwe mit dickerer Schnauze und breiterer Stirn, aber mit dem Profil des Tigers.

Unter den Knochen der Höhlenbewohner stehen diejenigen der §. 945. Bären vor allen durch Zahl obenan. Manche Höhlen waren durchaus nur von Bären bewohnt, und zwar meist von einer besondern Art, dem

Höhlenbär (*Ursus spelaeus*), der sich durch seine bedeutendere Grösse und seinen eigenthümlichen Schädelbau von allen anderen lebenden und fossilen Arten unterscheidet. Die Familie der Bären zeichnet sich vor

Fig. 821.



Schädel des *Ursus spelaeus*. Von der Seite.

allen anderen Fleischfressern durch den Umstand aus, dass sie Sohlengänger sind und nicht, wie Hunde oder Katzen, nur mit den Zehen, sondern mit der ganzen Sohle den Boden berühren. Damit vereinigen

Fig. 822.



Derselbe von oben.

Fig. 823.



a Eckzahn, *b* Backenzahn des Höhlenbären, sehr stark verkleinert.

sich denn plumpere, kürzere Glieder, schwerfällige Bewegungen und geringere Wildheit, indem namentlich die jetzigen Bären auch neben der Fleischnahrung, die sie nicht verschmähen, Früchte und Wurzeln sich zur Nahrung dienen lassen. Auch das Zahnsystem lässt auf diese geringere Wildheit schliessen. Die Eckzähne ragen kaum über die anderen Zähne hervor, sind kurz und dick und mit gewaltig grosser, voluminöser Wurzel versehen, die im Missverhältnisse zu der kleinen Krone steht; der Reisszahn ist nicht

sehr entwickelt, höckerig und wenig schneidend; die Backenzähne dick und mit vielen stumpfen Höckerchen besetzt. Die Lückenzähne sind sehr veränderlich in Zahl und Bestand. Im Allgemeinen hält es, eben dieser stumpfen Höcker der Backenzähne und der eigenthümlichen Form der Eckzähne wegen, nicht sehr schwer, diese Zähne und somit die Schädel der fossilen Bären von denen anderer Fleischfresser zu unterscheiden. Der Höhlenbär war mindestens um ein Drittel grösser als der grösste jetzt lebende Bär und zeichnete sich besonders durch den treppenförmigen Absatz der Stirn gegen die Nase hin aus.

Betrachten wir die Fauna des Anfangs unserer heutigen Periode, §. 946.
so tritt uns vor Allem die grössere Zahl von Arten sowohl wie von Individuen der Säugethiere entgegen, welche insbesondere den mitteleuropäischen Continent beleben. Viele Arten existiren schon in den jüngsten Tertiärschichten, haben also unverändert weiter gelebt; viele sind seitdem gänzlich ausgestorben, viele andere ausgewandert, und ausserdem hat sich ohne Zweifel die Zahl der wilden Thiere auch noch während der historischen Zeit bedeutend verringert. Aehnliches finden wir hinsichtlich der Pflanzen. Es ist dieselbe Flora, aber mit zum Theil ausgestorbenen, zum Theil ausgewanderten Arten, und wenn man die Ausdehnung der Wälder, die früher ohne Zweifel existirte, in das Auge fasst, so kann es auch keinem Zweifel unterliegen, dass die wilden Pflanzen an Zahl der Individuen abgenommen haben. In dem einen wie in dem andern Falle ist aber dieser Abgang reichlich durch Culturpflanzen und Hausthiere ersetzt worden; so zwar, dass dieselbe Zahl von Individuen in wildem Zustande auf demselben Raume nicht existiren könnte. Wir müssen uns also Europa während der Eisperiode als ein von vielen Meeresbuchten und grossen Süsswasserseen theilweise überdecktes Land mit feuchtkaltem Inselklima vorstellen, dessen Oberfläche von grossen Wäldern, Torfmooren und wüsten Strecken gebildet war, auf welchen zahlreiche Herden verschiedener Säugethiere umherschweiften.

Zuerst tritt uns als unleugbare Thatsache das Zusammenleben von §. 947.
Typen, deren Verwandte wir jetzt nur noch in südlichen, ja selbst tropischen Klimaten sehen, mit Thieren, welche jetzt noch in unseren Gegenden leben, sowie mit Thieren der Hochgebirge und der kalten, ja der Polarzone entgegen. Verschiedene Arten von Elephanten, Nashörnern, Flusspferden, Hyänen, grossen Katzen finden sich zusammen mit dem Bison, dem Moschusochsen, dem Elenn, dem Rennthier, dem Eisfuchse, dem Vielfrasse, dem Lemming, die alle jetzt nach Norden zurückgezogen sind, und andererseits mit dem Steinbocke, der Gemse, dem Murmelthiere, welche jetzt die Hochgebirge an der Schneegrenze bewohnen. Da innerhalb der Eiszeit der ganze Norden und die Hochgebirge bis weit herab von Gletschern bedeckt waren, so waren also alle jetzt auf weite Entfernungen zerstreute Arten in Mitteleuropa auf

kleinem Raume zusammengedrängt und noch obendrein mit südlichen Typen gemischt.

Diese Beimischung wäre noch auffallender, wenn wir nicht wüssten, dass einige dieser Typen entweder noch in historischer Zeit sich weiter nach Norden ausbreiteten oder aber durch besondere Einrichtungen zum Ertragen kälterer Klimate befähigt waren. Löwen und Hyänen fanden sich noch in historischer Zeit auf dem nördlichen Ufer des Mittelmeeres und beide Thiere bewohnen jetzt noch Bergketten, in welchen im Winter tiefer Schnee fällt und die Temperatur wochenlang unter dem Gefrierpunkte steht. Der Tiger dehnt seine Streifzüge nicht nur nach Südsibirien und dem Amurlande aus, sondern ist auch in letzterm trotz der furchtbar strengen Winter vollkommen einheimisch. Andererseits wissen wir durch die Entdeckung der fossilen Leichname im gefrornen Schwemmlande Sibiriens, dass Mammuth wie Knochen-Nashorn einen Wollpelz trugen, der sie ohne Zweifel zur Ertragung grösserer Kälte befähigte, und wir dürfen hieraus wohl den Schluss ziehen, dass die anderen südlichen Typen, welche mit ihnen theilweise die Eiszeit überdauerten, in ähnlicher Weise gegen die Unbilden des Klimas geschützt waren.

§. 948. Man kann dem eben Gesagten zufolge in der Thierbevölkerung vor und während der Eiszeit drei Gruppen unterscheiden: jetztlebende, ausgewanderte und vollständig ausgestorbene Thiere, wobei indessen immerhin zu bemerken ist, dass das Aussterben wesentlich mit der Auswanderung zusammenhing, und dass diese letztere, die vorzugsweise in nordöstlicher Richtung stattgefunden zu haben scheint, noch heute fortdauert.

Unter den ausgestorbenen Thierarten sehen wir vor allen Dingen die südlichen Typen. Sie sind über den ganzen europäisch-sibirischen Continent ausgebreitet und scheinen im Nordosten länger und später gelebt zu haben als in den südlichen Gegenden. Vielleicht dürfte jener Umstand, dass der Altai keine alten Gletscherspuren zeigt, eine Erklärung der Rückzugsrichtung bilden, indem angenommen werden darf, dass dort während der Eisperiode ein milderes Klima herrschte. Da alle Flüsse Sibiriens von Süden nach Norden strömen und in dem Eismeere münden, so hat die Erhaltung einiger Leichen mit Fleisch, Haut und Haar in dem gefrornen Schwemmboden Nordsibiriens keine grossen Schwierigkeiten, während andererseits die ungeheure Menge von Knochen, die man in dem Boden findet, auf eine dichte Bevölkerung des Landes deutet. Die Auswanderung nach Norden hin mag aber auch noch durch den Umstand erklärt werden, dass selbst noch während des Rückzugs der Gletscher wenigstens in der ersten Zeit die Pyrenäen und Alpen gewissermassen vereiste Riegel bildeten, welche den Uebergang nach den südlichen Mittelmeerländern, namentlich Spanien und Italien, gänzlich verhinderten. Fasst man die Thatsache in das Auge, dass die südliche Blockgrenze zugleich die nördliche Grenze der möglichen Aus-

dehnung des Festlandes während der grössten Höhe des Eismeeres darstellt, so blieb für diese Auswanderung nur ein schmaler Weg am Rande des Harzes, des Thüringerwaldes, des Erzgebirges, Riesengebirges, der Sudeten und Karpathen nach der Ukraine und gegen den südlichen Abfall des Ural hin, von wo aus dann Südsibirien mit seinen gletscherlosen Gebirgen offen stand. In der That ist dieser ganze Weg so zu sagen mit den Gebeinen der südlichen Dickhäuter gepflastert, während nördlich von der Blockgrenze die Knochen derselben nur vereinzelt gefunden werden. Mit der zunehmenden Kälte und Verarmung der sibirischen Flora mögen die Riesenthiere dann dort zuletzt ihren Untergang gefunden haben.

Ausser diesen Typen finden sich aber noch andere ausgestorbene Arten, für deren Ausfall wir Erklärungen dieser Art nicht annehmen können, da die verwandten Arten der Jetztzeit sowohl in kälteren als in unseren heutigen Klimaten ausdauern. Hierher gehören die verschiedenen Riesenhirsche, die Pferde, die Hyänen und Höhlenbären, sowie der grosse Biber (*Castor Trogontherium*).

Wenn spätere Untersuchungen nicht nachweisen sollten, dass diese Arten nach und nach in jetzt noch lebende sich umgewandelt haben, so könnte für die Ausrottung dieser Typen wenigstens die allmälige Veränderung des Klimas nicht angerufen werden.

Der **Rückzug** jetzt noch lebender Arten hat sich insofern gespalten, als die grössere Zahl nach höheren Breiten, die Minderzahl nach den Hochgebirgen ausgewandert ist. Der Steinbock, die Gemse, das Murmelthier haben zur Zeit der grössten Gletscherausdehnungen die Ebenen bewohnt. Sie sind Schritt für Schritt den Gletschern gefolgt, so dass man sie später in der Hügelregion, jetzt nur noch in dem Hochgebirge findet. Einige Arten, wie namentlich das Elenn, scheinen theilweise ebenfalls dieser Richtung gefolgt, dann aber im Hochgebirge ausgestorben zu sein, während sie sich in nördlicheren Breiten erhielten. Man hat Knochen des Elenn nicht nur im hohen Jura, sondern auch in den steirischen Alpen in 7000 Fuss Höhe in Versenkungen gefunden, in welche die Thiere hineingestürzt waren. §. 949.

Betrachtet man die jetzige Verbreitung der nordischen Thiere im Verhältniss zu der frühern, so scheint sich als allgemeines Gesetz herauszustellen, dass ihre jetzige südliche Verbreitungsgrenze zu der frühern in einem gewissen Verhältnisse steht, und dass diejenigen Arten, welche jetzt noch in Mitteleuropa vorkommen, auch am spätesten ihren Rückzug angetreten haben. Der Halsbandlemming, welcher jetzt nur die äussersten Polarländer bewohnt, ist südlich von Quedlinburg nicht mehr aufgefunden worden, während das Rennthier und der Vielfrass bis zum Fusse der Alpen und Pyrenäen sich verbreiteten. Das Rennthier scheint noch bis zu Cäsar's Zeit den herzynischen Wald bewohnt zu

haben. Der Auerochs und das Elenn, die jetzt am Südrande der Ostsee leben, waren bis in das Mittelalter hinein über Mitteleuropa verbreitet. Dass auch dieser historische Rückzug noch in der Richtung von Nordosten vor sich ging, scheint dadurch bewiesen, dass die Pfeifhasen, der Boback, der Ziesel, die jetzt nur noch in dem östlichen Europa vorkommen, früher auch in dem westlichen sich fanden, und wenn das Rennthier jetzt Lappland und die skandinavischen Hochplateaus bewohnt, so scheint dies einer spätern Einwanderung zugeschrieben werden zu müssen, indem die jetzt dort lebenden Rennthiere von den in Schoonen und Centraleuropa gefundenen Ueberresten verschieden genug scheinen, um wenigstens die Annahme verschiedener Rassen zu rechtfertigen.

§. 950. Diesen allgemeinen Thatsachen gegenüber erscheint nur die Verbreitung des Moschusochsen bis jetzt unerklärt. Gegenwärtig findet sich derselbe nur in dem nördlichen Amerika, und zwar nördlich vom 61. Grade ab. In Sibirien ist er noch nicht angetroffen worden. Fossile Ueberreste des Thieres hat man allerdings in England, Frankreich und Deutschland, dagegen, so viel mir bekannt, nicht in Nordamerika gefunden. Dieses letztere Land hat, wie jetzt, zur Eiszeit eine besondere Fauna besessen. Das Mammuth scheint wesentlich durch ein Mastodon (*M. giganteus*) ersetzt; während zugleich eine besondere Elephantenart (*E. americanus*) existirte. Ausserdem fanden sich von den europäischen verschiedene Arten von Ochs, Bison, Pferd, Bär, Löwe und Biber mit nordamerikanischen Typen, wie Waschbär und Bisamschwein, und südamerikanischen, wie Tapir, *Megatherium* und *Megalonyx* zusammen, so dass also in den Ebenen Nordamerikas eine ähnliche Mischung stattfand wie in Centraleuropa.

§. 951. Was die Gegenwart des Menschen sowohl während der Eiszeit als vor und nach derselben in Europa und Nordamerika betrifft, so ist dieselbe jetzt eine so vollständig erwiesene Thatsache, dass auch nicht der Schatten eines Zweifels mehr aufkommen kann, da sowohl in den Schwemmschichten als in den Höhlen Menschenknochen nebst Instrumenten und Werkzeugen und Resultaten seiner Industrie gefunden wurden. Anders verhält es sich mit älteren Spuren, welche einerseits in Frankreich, andererseits in Californien aufgefunden wurden. Hier kann einerseits die Nothwendigkeit, dass die Reste vom Menschen herrühren müssen, bezweifelt, andererseits vielleicht auch das Alter angefochten werden. Grob gearbeitete Kieselinstrumente und mit solchen geritzte und gestreifte Knochen wurden in der bekannten Lagerstätte von Saint Priest mit *E. meridionalis* und ähnlichen Arten gefunden. In der Nähe von Savona fand man ähnliche Ueberreste im Mergel der Appeninen, bei Pouancé (Maine-et-Loire) in Schichten, die der obern

Molasse, bei Selles-sur-Cher (Loire-et-Cher) in solchen, die der mittlern Molasse angehören. Menschenknochen sind an allen diesen Stellen noch nicht aufgefunden worden. Dagegen hat man neuerdings in Californien in einer tertiären Schicht einen Menschenschädel gefunden, über dessen Lagerung nach den Berichten glaubwürdiger Geologen kein Zweifel obwalten soll.

Die Ablagerungen in Schwemmgebilden sind namentlich in England und in dem westlichen Frankreich so häufig, während sie auch in Italien und Spanien nicht fehlen, dass wir hier nur einige der bekanntesten Beispiele aufzählen können. §. 952.

Das Sommethal ist ein weites in der Kreide ausgeschürftes Thal, dessen Wände und Boden mit neueren Ablagerungen bekleidet sind. An den Wänden finden sich, unmittelbar auf der Kreide auflagernd, mächtige Schichten von Geröll, die grösstentheils dem Kreideboden selbst entnommen, theilweise aber auch von entfernteren Gegenden hergerollt und mit graulichen Sandmassen vermischt sind. Diese Schichten galten schon früher als wahre Fundgruben für die gewöhnlichen Säugethiere der Schwemmgebilde, und im Jahre 1835 wurde darin ein ganzer Nashornfuss gefunden, dessen Knochen noch dieselbe Lage hatten, in welcher sie im lebenden Körper durch Muskeln und Bänder zusammengehalten sind. Auf diesem sogenannten grauen Diluvium liegen feine Sandschichten, sogenannter Löss, zuweilen aber auch unmittelbar Geröllschichten mit meist eckigen Bruchstücken und aus dem grauen Diluvium ausgewaschenen Feuersteinknollen, die durch eisenschüssigen Sand mit einander verbunden sind und demnach als rothes Diluvium bezeichnet wurden. Diese beiden Schwemmbildungen füllten nun offenbar das Thal bis zu einer gewissen Höhe aus, wurden aber später durch den jetzigen Stromlauf in der Mitte ausgewaschen, so dass die Ablagerungen nur an den Seiten des Thales übrig blieben. Die Thalmitte selbst füllte sich später mit Torf, unter welchem Lehm und Geröll liegt, das während und nach der Auswaschung der älteren Schichten vor der Torfbildung abgesetzt wurde. In den tieferen Schichten des Torfes finden sich sogenannte celtische, in den höheren römische Alterthümer.

Bei Hoxne in Suffolk, wo schon im Jahre 1800 Kieseläxte mit Knochen ausgestorbener Thierarten zusammen vorgefunden wurden, zeigt sich der Boden ebenfalls von Kreide gebildet. Ueber dieser liegt Sand und dann ein mächtiges Lager von Gletscherlehm (*boulder clay*) mit geschliffenen und geritzten Findlingssteinen. In diesem Gletscherlehm ist ein flaches Becken ausgewaschen, dessen Boden von einer Lettenschicht ausgekleidet wird, in welcher sich Braunkohlen und Torfkohlen finden. Diese Schicht, die eine Mächtigkeit von 6 Fuss besitzt, wird zum Betriebe einer Ziegelei ausgebeutet, und um zu ihr zu gelangen, §. 953.

müssen drei verschiedene Schichtengruppen durchfahren werden, von welchen die unterste 2 Fuss mächtige grosse Mengen von Knochen von Elephanten, Nashörnern u. s. w., sowie von Menschenhand verfertigte Instrumente aus Kieselsteinen enthält. Ueber dieser Culturschicht liegen 8 bis 10 Fuss mächtige Schichten von Sand, welche das Becken gänzlich ausfüllten, und darüber hier und da neuere Sandanschwemmungen, die der Bach herbeiführte, welcher es jetzt durchströmt.

§. 954. In der Nähe von San Isidro am Manzanares in geringer Entfernung von Madrid fand sich folgende Schichtenreihe. Unmittelbar unter der Dammerde 7,80 Meter mächtige verworren geschichtete Lager von Sand und Grus, grobem Kies und Rollsteinen, die offenbar von dem Flusse selbst abgesetzt wurden, als derselbe noch eine bedeutendere Stromschnelle hatte; darunter eine 30 Centimeter mächtige Schicht von Letten und unter dieser eine doppelt so dicke Schicht von Sand, Lehm und Löss mit Elephantenknochen. In dieser Schicht wurde vor einiger Zeit das fast vollständige Skelett gefunden, welches jetzt im Museum zu Madrid aufgestellt ist. Unter dieser Schicht findet sich unmittelbar auf den Tertiärschichten auflagernd 3 Meter mächtiges grobes Geröll mit von Menschenhand verfertigten Steinäxten.

§. 955. Wenn schon die angeführten Thatsachen unwiderleglich beweisen, dass der Mensch, welcher die Kieselinstrumente verfertigte, mit den ausgestorbenen Thierarten der Schwemmperiode zusammen auf der europäischen Erde lebte, so wird dies noch mehr nachgewiesen durch die Knochen selbst, die man von ihm an einzelnen Orten theils in Schwemmschichten, theils in Höhlen fand. Was die ersteren betrifft, so wurde schon früher in dem Löss des Rheinthales bei Lahr in Baden, später auf der linken Seite des Rheinthales bei Egisheim im Elsass eine freilich unvollständige Schädeldecke gefunden. Im Jahre 1700 entdeckte man schon im Kalktuffe von Canstatt, der so viele Mammuthreste enthält, eine Schädeldecke, die bisher unbeachtet im Museum von Stuttgart gelegen hatte, und neuerdings wurde bei Olmo in Toscana in einem Seitenthale des Arno ebenfalls eine Schädeldecke gefunden in einem Lehme, der zahlreiche Elephantenknochen enthält.

Menschenknochen, besonders Schädel, wurden in solchen Höhlen, wo die ganze Fauna, die den Höhlenbären begleitet, angetroffen wurde, gefunden, und zwar namentlich in der Höhle von Kent (Kents-hole) bei Torquay in England, in der Höhle von Engis und der Grotte von La Noulette in Belgien, in der Feldhofgrotte des Neanderthales bei Düsseldorf, in der Höhle von Arcy in Frankreich. Sämmtliche in diesen Orten aufgefundene Schädel sind ausserordentlich lang und schmal, und einige derselben mit Charakteren ausgestattet, welche sie dem Thiere näher stellen.

Ueberall in diesen alten Fundstätten zeigen sich auch nur äusserst roh gearbeitete Kieselinstrumente, meistens sogenannte Aexte, die durch Bearbeitung eines Feuersteinknollens, oder Messer, die durch Absprengung von Splittern erzeugt worden sind. Es waren diese ursprünglichen Bewohner Europas offenbar Wilde, die grösstentheils von der Jagd lebten und die Knochen der erbeuteten Thiere aufschlugen, um das Mark zu verzehren. Man findet demnach überall an solchen Stellen, wo die Anwesenheit des Menschen auch ausserdem durch seine Instrumente und seine Knochen documentirt wird, grosse Massen von aufgespalteten und aufgeschlagenen Röhrenknochen der Jagdthiere, die stets eine übereinstimmende Behandlung zeigen. Ebenso sind Ablagerungen von Kohle und Asche als Reste von Feuer, das bestimmten Zwecken diente, unzweifelhaft dem Menschen zuzuschreiben.

Sehr viele unzweifelhafte Menschenreste hat man in England, Belgien, Frankreich und Schwaben aus jener Epoche gefunden, wo die südlichen Typen schon seltener geworden waren, ohne indessen gänzlich ausgestorben zu sein, die nördlichen dagegen das Uebergewicht hatten. Den Hauptstock der Nahrung des Menschen bildeten damals Rennthier, Pferd und Bison, alle drei in wildem Zustande. Man hat diese Epoche die Rennthierperiode genannt, und namentlich in der jüngsten Zeit sind die überraschendsten Aufschlüsse über dieselbe zu Tage gefördert worden. Man setzte die Todten theils in dem verschliessbaren Hintergrunde von Grotten bei, in deren Vordergrunde man wohnte, theils begrub man sie in eigenthümlicher Weise auf herdähnlichen Grabstätten. Man verfertigte die mannigfaltigsten Instrumente aus Knochen des Rennthieres, die man mit feiner bearbeiteten Kieselwerkzeugen schnitzte, bohrte, ja selbst künstlerisch bearbeitete. Man bereitete aus grobem ungeschlämmtem Thone ohne Hülfe der Drehscheibe ziemlich unförmliche Töpfe, rieb Farben, namentlich Eisenocker, wahrscheinlich um sich zu tätowiren; — kurz sämmtliche Fundgegenstände zeigen schon auf fortgeschrittene Cultur, die zwar immerhin derjenigen der heutigen Wilden entspricht. Sämmtliche Fundorte der Rennthierperiode zeigen ein gewisses Vorwiegen der nördlichen Thiere, und wenn auch östlich vom Rheine und Bodensee an vielen Orten in den Schwemmschichten Rennthierknochen gefunden worden sind, so ist es dennoch noch nicht gelungen, unzweifelhaft festzustellen, dass der Mensch mit diesen Rennthieren zugleich im Norden und Osten von Deutschland und Europa lebte. §. 956.

In Beziehung auf die Thierwelt, die den Menschen umgab, herrscht eine bedeutende Lücke zwischen diesen älteren den Menschen enthaltenden Ablagerungen und denjenigen, die einer spätern Zeit angehören. Diese Periode, die man auch als die neolithische bezeichnet hat, zeichnet sich durch den gänzlichen Mangel der eigentlich nordischen Thiere §. 957.

und die Existenz von Hausthieren aus, die von dem Menschen gezüchtet werden, und sie ist in dem Norden durch die sogenannten Küchenabfälle und Hünengräber, in dem Süden Europas durch die sogenannten Pfahlbauten charakterisirt.

Küchenabfälle (*Kjökken moedding*) hat man mehr oder minder bedeutende, zuweilen hügelförmige Ansammlungen genannt, die zuerst an den dänischen Küsten, namentlich der Ostseite, später aber auch an einzelnen Stellen der Westseite nachgewiesen wurden und die zum grossen Theile aus Muschelschalen bestehen, welchen Knochen von Säugethieren, Vögeln und Fischen, Asche und Kohle, Herdsteine und Instrumente, meistens aus Kiesel gefertigt, beigemischt sind. Schalen wie Knochen sind unzweifelhaft Ueberreste von verzehrten Thieren, welche durch Fischfang und Jagd erbeutet wurden. Die Ansammlungen finden sich bedeckt von Dammerde und neuerem Flugsande auf den älteren Strandbildungen und dem erratischen Gebilde aufgelagert, stets in geringer Entfernung vom Meere und meistens an geschützten Buchten. Bei einzelnen derselben hat man Andeutungen gefunden, dass kreisförmige Hütten, den Gammen der heutigen Lappen ähnlich, inmitten dieser Anhäufungen sich befanden, und aus den verschiedenen Entwickelungszuständen der Knochen und Zähne der Säugethiere, der Geweihe der Wiederkäuer hat man geschlossen, dass diese Gammen das ganze Jahr hindurch bewohnt waren. Die am häufigsten vorkommende Muschel ist die Auster. Ihre Schalen bilden wohl neun Zehntheile der Haufen; ausserdem finden sich die gewöhnliche Miesmuschel (*Mytilus edulis*), die Herzmuschel und einige Strandschnecken (*Litorina*); von Fischen Häring, Stockfisch, Steinbutte, Scholle, Aal; von Vögeln die jetzt noch an den Küsten lebenden Schwimm- und Tauchvögel; ausserdem aber noch der jetzt ausgestorbene grosse Alk (*Alca impennis*), der Auerhahn und der Singschwan, die in Dänemark nicht mehr als Standvögel vorkommen. Unter den Säugethieren sind die häufigsten Hirsch, Reh und Wildschwein. Ausserdem kommen vor Ur, Fuchs, Wolf, Marder, Otter, Wasserratte, Luchs, Wildkatze, Bär, Igel, Fledermaus, Biber, Seehund, Delphin und der Haushund, eine mittelgrosse, intelligente Rasse, welche auch in den Pfahlbauten vorkommt und das einzige Hausthier jener Zeit im Norden bildete. Die eigentlich nordischen Thiere, das Rennthier inbegriffen, fehlen gänzlich, ebenso Huhn, Schaf, Ziege und das Pferd. Die Instrumente, welche man gefunden hat, sind meistens von roher Arbeit, doch sind auch einige wenige Stücke gefunden worden, die Bruchstücke von wohlgeschliffenen Keilen und Aexten waren, die man später zugehauen hatte.

§. 958. Obgleich diese Anhäufungen meist nur von Dammerde überdeckt sind, also verhältnissmässig weit neuern Datums sind, so haben dennoch Fauna und Flora seit ihrer Entstehung ziemlich bedeutende Veränderun-

gen erfahren. Der grosse Alk, der noch im Mittelalter an den Küsten der Hebriden, im Anfange dieses Jahrhunderts an der Südküste Islands gefunden wurde, ist jetzt gänzlich ausgestorben. Wolf, Luchs, Bär, Auerhahn und Singschwan finden sich nicht mehr in Dänemark und auch die Auster nicht mehr an den von der Ostsee bespülten Küsten, wo sie früher häufig sein musste, wie man denn auch unter dem Schlamme der Kieler Bucht alte Austernbänke entdeckt hat. Die Veränderungen der Flora sind ebenfalls auffällig. Es finden sich nämlich in dem erratischen Schuttlande Dänemarks einzelne nicht sehr umfangreiche Vertiefungen, die mit Torf ausgefüllt sind und die man Waldmoose (*Skovmos*) genannt hat. Auf dem Boden dieser Torfmoore, die eine Mächtigkeit von 6 bis 9 Meter haben, finden sich Steininstrumente, dieselben Säugethierknochen wie in den Küchenabfällen, ausserdem aber noch der Bison und das Elenn und Stämme von Fichten (*Pinus silvestris*), die jetzt als Waldbäume in Dänemark nicht mehr vorkommen. Da der Auerhahn Sprossen dieser Nadelhölzer im Frühjahre benöthigt, so müssen auch die Küchenabfälle, wo seine Knochen vorkommen, zu der Zeit entstanden sein, wo Dänemark zum Theil von Fichtenwäldern bedeckt war. In höheren Schichten der Waldmoose finden sich Eichenstämme und Eicheln und zwischen diesen Gegenstände aus Bronze, während jetzt die Buche der eigentliche Waldbaum Dänemarks ist.

Da das Datum einer Ablagerung stets durch die jüngsten Gegenstände, welche sich darin finden, bestimmt wird, so hat man aus der Gegenwart von einigen wenigen Bruchstücken geschliffener Steininstrumente, trotz der bedeutenden Ueberzahl roh bearbeiteter Werkzenge, schliessen müssen, dass die Küchenabfälle derselben Zeit angehören, in welcher jene gewaltigen Grabmäler zuerst aufgethürmt wurden, die man mit dem Namen der Hünengräber, Riesenstuben oder Dolmen bezeichnet. Meistens sind diese Denkmäler aus grossen aufgerichteten Steinen gebildete Kammern, die mit einem oder mehreren zuweilen kolossalen Decksteinen von oben her geschlossen und mit einem aufgeschütteten Grabhügel umgeben sind. Sie finden sich überall, wo das nöthige Material nicht fehlt, von den deutschen Ostseeküsten an bis gegen Holland hin, in Dänemark und Schoonen, nicht aber im übrigen Skandinavien, in Grossbritannien und Irland, an den Küsten des Oceans von Calais bis nach Gibraltar, auf der Nordseite des Mittelmeeres von Gibraltar bis Valencia, auf den Balearen, Sardinien und Korsika, auf der Südküste von Marokko bis nach Syrien, mit Unterbrechung am Nildelta und vielleicht weiterhin in Arabien und Ostindien. An vielen Orten gehen diese Denkmäler tief in das Land hinein, und zwar meistens den Flussthälern folgend; und während viele derselben ganz gewiss jener Periode entstammen, wo man nur den Stein und noch kein Metall kannte, dauerte die Gewohnheit, solche Grabdenkmale zu errichten, in §. 959.

Europa hier und da noch bis in den Anfang des Mittelalters, in Dekan bis auf die heutige Zeit fort.

§. 960. Aehnlich verhält es sich mit den Pfahlbauten, die zuerst in der Schweiz nachgewiesen wurden, jetzt aber in ganz Mitteleuropa bekannt sind. Die ältesten dieser ursprünglich in Seen erbauten Gerüstwohnungen stammen aus den Zeiten, wo der wilde Mensch noch kein Metall kannte. Die Gewohnheit, auf Pfahlwerken zu wohnen, wahrscheinlich in der Absicht, sich vor räuberischen Nachbarn zu schützen, dauerte hier und da bis in die historische Zeit fort. Die Anlage dieser oft ziemlich umfangreichen Niederlassungen in den Seen geschah ohne Zweifel vor der Vertorfung der Seebecken, und es müssen demnach die Torfmoore der Schweiz in ihrer ganzen Mächtigkeit spätern Ursprungs sein. Wie schon früher bemerkt, beruht, wenn nicht die Bildung, so doch die Stauung der jetzigen Seebecken auf beiden Seiten der Alpen in ihrem gegenwärtigen Niveau wesentlich auf der Umgürtung der Seethäler durch Endmoränen der früheren Gletscher. Die Gletscher waren also längst in ihre jetzigen Grenzen zurückgezogen, bevor an eine Errichtung der Pfahlbauten gedacht werden konnte. Untersucht man nun die Bildung auf dem Grunde der Seen selbst näher, so findet man dort unter dem Schlamme und Sande, dessen Absatz noch jetzt fortdauert, eine Schicht von weisslicher Farbe, welche getrocknet manchen Kreidemergeln täuschend ähnlich sieht, und die man deshalb auch mit dem Namen der Seekreide (*blanc fond*) bezeichnet hat. Es besteht diese Ablagerung, die manchmal bis zu 30 Fuss Mächtigkeit hat, wesentlich aus Schalen der jetzt noch in den Seen lebenden Muscheln und Schnecken. Die ganze Ablagerung muss demnach während der Existenz der jetzigen Seen und nach dem Gletscherrückzuge stattgefunden haben. Ueber dieser Seekreide liegt auch in den Torfmooren erst der Torf, so dass also dessen Bildung nach ihrer Ablagerung begonnen haben muss, sowie andererseits die Einrammung der Pfähle in die Seekreide selbst und die Auffindung von Culturresten in den untersten Torfschichten den Beweis liefert, dass die ältesten Pfahlbauten nach Ablagerung der Seekreide und vor Bildung des Torfes stattfanden.

Es ist hier der Ort nicht, auf die Structur dieser Pfahlbauten, deren man jetzt in der Schweiz wenigstens 400 kennt, näher einzugehen. Fauna und Flora beweisen, dass die nordischen Thiere und Pflanzen längst ihren Rückzug theils nach dem Norden, theils nach den Hochgebirgen angetreten hatten. Von den aufgefundenen wilden Thieren sind jetzt aus der Schweiz verschwunden: Elenn, Hirsch, Dammhirsch, Ur, Bison, Steinbock und Sumpfschildkröte, die alle noch in historischer Zeit dort gejagt wurden. Man besass ausserdem Hausthiere, und zwar den Haushund, zwei Schweinerassen, von welchen die kleinere als Torfschwein unterschieden wurde, ein ziegenhörniges Schaf, die Ziege und

zwei Rindviehrassen, von denen die grössere von dem Ur, die kleinere, die sogenannte Torfkuh, von dem kurzhörnigen Rinde (*Bos trochocerus*) abstammt. Die wilden Pflanzen, deren Ueberreste man in den Pfahlbauten gefunden hat, kommen alle noch in der Schweiz vor, wenngleich einige, wie z. B. die Wassernuss (*Trapa natans*), dem Aussterben nahe sind. Die Culturpflanzen nebst den Unkräutern sind, nach Heer, dieselben, welche in frühester Zeit in Aegypten cultivirt wurden. Die asiatischen Hausthiere und Culturpflanzen fehlen durchaus und wurden erst in späterer Zeit, als man schon den Gebrauch der Metalle kannte, eingeführt. Ackerbau und Viehzucht der ältesten Pfahlbauten muss demnach aus Afrika zu einer Zeit herübergebracht worden sein, wo man in den ältesten Culturländern dieses Erdtheiles, wie in Aegypten, den Gebrauch der Metalle noch nicht kannte.

Die späteren Ablagerungen, welche durch die Kenntniss des Metalls und zwar zuerst des Kupfers und der Bronze, sodann des Eisens charakterisirt sind, gehören der historischen Zeit an und können hier nicht weiter behandelt werden.

10. Das Wasser als Flüssigkeit.

Das Wasser in flüssiger Form, wie es das weite Becken des Meeres, die kleineren Räume der Binnenseen ausfüllt und in unzähligen Quellen, Bächen, Flüssen und Strömen auf der Oberfläche des Festlandes und in dem Innern der Erdschichten circulirt, hat den wesentlichsten Antheil an den geologischen Erscheinungen der Jetztwelt. Ihm gehört vorzugsweise die Schichtbildung an; die bis jetzt betrachteten Gesteine älterer Formationen sind durch Absatz im Wasser gebildet, und es muss deshalb das Studium der Erscheinungen, welche das in unserer jetzigen Periode auf der Oberfläche der Erdrinde und in ihrer nächsten Tiefe befindliche Wasser darbietet, den wesentlichsten Schlüssel zu der Erklärung der bis jetzt betrachteten Sedimentbildungen geben. §. 961.

Das Wasser zeigt sich auf der Erde in zwei wesentlichen Modificationen; einerseits in seiner grössten Ausdehnung als Meerwasser, andererseits auf dem festen Lande in Seen und Teichen ruhend oder in Strömungen jeglicher Grösse als süsses Wasser. Letzteres kommt hinsichtlich seiner Quantität gar nicht in Betracht gegen das Meerwasser, dessen Zusammensetzung, Verhältniss zu dem Festlande u. s. w. schon in dem ersten Capitel des ersten Bandes S. 65 u. folg. behandelt wurden. Es bleibt uns somit nur noch von der Entstehung der süssen Wasser und ihrer Vertheilung auf dem Festlande zu reden übrig.

Die Quellen finden ihre Wurzeln ohne Zweifel in dem aus der Atmosphäre theils durch Verdichtung, theils durch Niederschlag stam- §. 962.

menden Wasser. In denjenigen Ländern, in welchen kein Regen fällt, giebt es wohl nur dann Quellen, wenn die geologische Constitution des Landes und des Bodens sie von weit her unter der Erde durchleitet, indem die als Thau verdichteten Wasserdämpfe wohl kaum hinreichen dürften, um fliessende Gewässer für sich allein hervorzubringen; da, wo periodische Ursachen des Wasserreichthums, periodischer Regenfall, Schneeschmelzen im Frühjahre u. s. w. eintreten, fliessen auch die Quellen periodisch und versiegen während der trockenen Zeit. Es existirt mithin, abgesehen von den Bodenverhältnissen, ein bestimmter Zusammenhang zwischen der Schnee- und Regenmenge einerseits und der Häufigkeit der Quellen andererseits.

Ein grosser Theil des als Regen gefallenen Wassers kehrt durch Verdunstung in die Atmosphäre zurück, wird zur Ernährung des Vegetationsprocesses verbraucht, und nur der Rest dringt in den Boden ein und speist von diesem aus die Quellen und fliessenden Wasser. In den Städten und an dicht bewohnten Orten ist die Verdunstung, welche täglich stattfindet, meist sogar weit grösser, als die Menge des gefallenen Regenwassers, und es kann demnach aus Beobachtungen, in Städten angestellt, das Verhältniss zwischen der gefallenen Regenmenge und der Verdunstung nicht ermittelt werden; der einfachste und sicherste Weg ist der, genau die Grenzen eines Flussgebietes zu bestimmen und nach möglichst wiederholten Beobachtungen der Regenmenge zu berechnen, wie viel Wasser jährlich auf das Flussgebiet fällt. Kennt man nun die jährliche Ausgabe des Flusses, so ergiebt sich aus der Vergleichung beider Zahlen das Verhältniss der Verdampfung und des durch andere Ursachen bedingten Verlustes zu dem fliessenden Wasser. Man hat durch Berechnungen dieser Art gefunden, dass die Seine bei Paris nur ein Drittel der auf das Flussgebiet gefallenen Regenmenge wegführt, zwei Drittel hingegen durch Verdampfung in die Atmosphäre und Einsickerung in grössere Tiefen verloren gehen, während, ähnlichen Berechnungen zufolge, der Rhein bei Basel vier Fünftel der in der Schweiz gefallenen Regenmenge abführen würde.

§. 963. Ein wesentliches Mittel zur Condensirung der in der Luft unter der Form von Wolken und unsichtbaren Dünsten schwebenden Wassermenge bieten die Hochgebirge, namentlich diejenigen, deren Gipfel über die Schneegrenze hinausragen. Die Alpen bilden so für das mittlere und südliche Europa eine weite Mauer, an welche die von Süden und Westen herkommenden, mit Wasserdünsten beladenen Luftströme ihr Wasser absetzen, etwa wie der Hauch des Athems sich an kälteren Körpern verdichtet. Ueber der Schneegrenze bilden diese gefrorenen Depots von Wasser ein stetes Reservoir, das gerade dann besonders seine Quellen fliessen lässt, wenn bei der Hitze des Sommers die Verdunstung, die Einsaugung in den ausgetrockneten Boden und der Verbrauch von

Wasser durch die Vegetation in der Ebene am grössten ist, so dass dort Wassermangel eintreten würde, wenn nicht das Schmelzen des Schnees und Eises in den Hochregionen den Gletscherbächen eine weit grössere Fülle gäbe, als sie in der kältern Jahreszeit besitzen. Die Gletscher lassen sich gewissermassen ungeheuren Schwämmen vergleichen, indem sie in ihren Poren und Haarspalten eine ungeheure Quantität Wasser zurückhalten, welche nur nach und nach abfliesst und auch dann noch die Gletscherbäche unterhält, wenn in dem Beginne der kältern Jahreszeit keine Schmelzung auf der Oberfläche mehr stattfindet oder statt Regen Schnee in den Hochregionen fällt. Durch diese Eigenschaft ist es auch erklärlich, warum bedeutende Regengüsse in Gletscherregionen weit weniger die Menge des aus dem Gletscher ausfliessenden Wassers vermehren als starke Sonnenhitze, welche durch die Schmelzung auf der Oberfläche grosse Quantitäten Eis in flüssigen Zustand überführt.

In niederen Gebirgen, welche nicht so bedeutend sich erheben, ist §. 964.
auch die Condensation der Dünste durch den einzigen Temperaturunterschied nicht so bedeutend, als in den Alpen; dagegen wirkt hier eine andere Ursache, die auch in den Voralpen eine Stätte findet, wesentlich ein. Es ist dies die Vegetation und zwar namentlich der Moose und Farren, welche die Berghöhen überziehen und ebenfalls wahre hygroskopische Condensatoren darstellen, deren Wirkung im Grossen sehr bedeutend ist. Die Ausholzung der Wälder auf den Gebirgen hat den wesentlichsten Einfluss auf die hydraulischen Verhältnisse der niederen Gebirgsgegenden gehabt, und zwar wesentlich darum, weil durch Vertilgung der Hochstämme das schützende Dach weggenommen wurde, unter welchem die Moosdecke dem Boden beständig das aus der Atmosphäre durch diese Pflanzen verdichtete Wasser zuführte. Das Pflanzengewebe, welches die Moose bildet, ist vor allen anderen ausgezeichnet hygroskopisch; die Moose sind, selbst in der trockensten Jahreszeit, beständig feucht durch Wasser, welches an ihrer Oberfläche verdichtet ist und allmälig an ihnen hinab in den Boden sickert. Auf diese Weise wird eine beständige Feuchtigkeit des Bodens und somit der Quellenreichthum desselben unterhalten, während nach der Abholzung die Bedingungen der Moosvegetation wegfallen und somit auch die beständige Condensation aufhört. Ein fernerer unsäglicher Schaden, welcher aus dem Verluste der Moosdecke durch die Abholzung der Gebirge hervorgeht, besteht in der Blosslegung des Bodens, welcher meist aus Fels mit einer nur sehr geringen Lage von Dammerde besteht und somit nur wenig Wasser in sich aufnimmt. Die Wälder filtriren gewissermassen das niederfallende Wasser und vertheilen den Fall sowohl räumlich als zeitlich; die Moosdecke kann eine grosse Menge Wassers in sich einsaugen, das sie wie ein Schwamm nur nach und nach abgiebt; auf entblösstem Felsboden hingegen findet diese Vertheilung und allmälige

Abgabe nicht Statt; bei starkem Regen fliesst das Wasser über den Felsboden weg und fällt in das Thal, wo es Ueberschwemmungen verursacht, die somit an Häufigkeit zunehmen, je mehr die Abholzung überhand nimmt.

§. 965. Das Verhalten des Bodens ist von wesentlichem Einfluss für die Aufnahme des Wassers und die Entstehung von Quellen. Felsboden lässt im Allgemeinen nur dann bedeutendere Durchsickerung des Wassers zu, wenn er mehr zerklüftet und zerspalten ist; die überall zerrissenen und zersplitterten Mauern des Jurakalkes und vor allen des Dolomites bieten deshalb stets eine trockene Oberfläche, weil das Wasser durch die zahlreichen Spalten sogleich in die Tiefe sinkt und das compacte Gestein nur wenig in sich aufnimmt. Sandsteine, meist weniger zerklüftet, bieten durch ihre Structur und Porosität gleichsam natürliche Filter dar, in welchen das Wasser sehr langsam, aber gleichmässig durchsickert, deren Masse beständig durchfeuchtet ist, weshalb sie auch einen vortrefflichen Grund für die Vegetation bieten. Betrachtet man indessen die langsamen Wirkungen, so findet man schliesslich, dass jedes Gestein, auch das scheinbar festeste, von capillaren Räumen durchzogen ist, die nach und nach Wasser aufnehmen und schliesslich die Zersetzung bewerkstelligen. Man kann diese Durchdringlichkeit aus der Zersetzungsrinde, sowie aus der Gegenwart von Wasser- und Kohlensäure im Innern des Steinblockes erschliessen. Selbst fester Basalt zeigt häufig beim Zerschlagen im Innern Wasser. Die Achate lassen sich durch langsames Eindringen von Flüssigkeiten färben. Feste gelbliche Kalksteine zeigen beim Zerschlagen häufig einen graublauen innern Kern, dessen Figur derjenigen der Oberfläche entspricht, von welcher her allseitig das oxydirende Wasser, durch welches das dunkle Eisenoxydul in eine höhere gelbe Stufe übergeführt wurde, eindrang. Viele Gesteine sind im Augenblicke des Ausbrechens aus der Tiefe weich, werden aber durch Verdunstung des sogenannten Grubenwassers unmittelbar hart. Man kann also mit vollem Rechte behaupten, dass die ganze Erdrinde beständig von Wasser durchdrungen ist, das die capillaren Zwischenräume der Gesteine erfüllt und nur sehr geringe Bewegung zeigt, während die schneller bewegten unterirdischen Gewässer in grösseren Spalten fliessen.

§. 966. In Beziehung auf diese Bewegung kann man wasserführende und wasserdichte Schichten unterscheiden und diese Fähigkeit nach der Schnelligkeit beurtheilen, mit welcher der Regen eindringt. In die gewöhnliche Ackererde dringt selbst ein starker Regen selten tiefer als einen halben Fuss; die tiefste Grenze beträgt einen Meter; Thonboden ist durchaus undurchdringlich, während Sand und Geschiebe das Wasser bis in jede Tiefe durchsetzen lassen. Mergel- und Thonschichten bieten

deshalb in allen Formationen die natürlichen Scheidemauern, zwischen welchen die einzelnen wasserführenden Schichten sich abgrenzen, und in Gebirgen, welche aus abwechselnden Folgen kalkiger und sandiger Schichten mit Thon- und Mergellagern bestehen, wird man stets die absteigenden Quellen oberhalb, die aufsteigenden unterhalb dieser Mergellager hervorbrechen sehen. Die meisten Ansammlungen stehender Wasser verdanken wir solchen Thonlagern, welche das Einsickern der Flüssigkeit in die Tiefe verhindern; die Trockenlegung von Sümpfen, Seen und Torfmooren ist häufig dadurch möglich geworden, dass man diese undurchdringlichen Thonlager durchbohrte und dem Wasser einen Abfluss in die Tiefe verschaffte. Finden sich natürliche Risse oder Thaleinschnitte, an deren Wänden die Thonlager zu Tage treten, so werden diese zugleich der Ausgangspunkt für die Quellen werden, welche in dem Thale vorkommen. In der Figur 824 sei der Durchschnitt einer Gegend gegeben, welche bei *V* einen tiefern, auf der

Fig. 824.



rechten Seite einen weniger tiefen Thaleinschnitt zeigt. Die oberen Lagen, mit *a* bezeichnet, seien aus porösem Kalksteine gebildet, unter dem ein Lager *b* undurchdringlichen Thones sich findet. Unter diesem Thone möge wieder durchdringlicher Quarzsand *c* und als tiefste Schicht *d* Thon sich finden und der ganze Schichtencomplex sich nach links hin neigen. Die natürliche Folge einer solchen Disposition wird sein, dass die durch den porösen Kalkstein dringenden Regenwasser sich auf der obern Thonschicht sammeln und in dem Thale oberhalb dieser Thonschicht an den Seitenwänden hervorbrechen werden. Die in dem Thale rechterseits fallenden atmosphärischen Niederschläge werden zum Theil bei *c* in die Sandschicht eindringen, auf den unteren Thonen weiterlaufen und ebenfalls in dem Thale *V* zu Tage kommen, aber nicht an den Wänden, sondern auf der Sohle des Thales, wodurch auch ein Unterschied in den Quellen verschiedener Höhe gegeben werden kann, indem die an den Thalgehängen hervorbrechenden Quellen, welche hauptsächlich durch Kalkschichten gesickert sind, eine bedeutende Menge dieser Substanz aufgelöst haben werden, während im Gegentheil die im Thalgrunde entspringenden Quellen durch den Quarzsand filtrirt worden sind.

In den meisten Fällen sind es die kleineren unzähligen Spalten der Felsgesteine, welche in den Bodenschichten dem Wasser den nöthigen Abfluss gewähren; zuweilen aber auch finden sich beträchtlichere Spal- §. 967.

ten, Löcher und Höhlnngen, durch welche die Gewässer oft Meilen weit in der Tiefe unter den Schichten sich dnrchwinden, nm später irgendwo an einem tiefern Orte an das Tageslicht zu treten. In Griechenland sind diese Abzugscanäle der Thäler schon aus den Zeiten der Alten unter dem Namen der Katabothra bekannt; im Jura werden sie Emposienx, im Karst Dolinen genannt. Morea besteht ans einer Reibenfolge geschlossener Becken, welchen sehr oft ein Thalriss abgeht, durch welchen das Wasser seinen Abflnss finden könnte; die Wände dieser Kesselthäler sind von zerklüftetem Kalksteine, meist der Kreideperiode angehörig, gebildet. An dem Fnsse dieser Kalkwände finden sich trichterförmige Oeffnungen, durch welche die Gewässer ihren Abzug nehmen und sodann an der Aussenseite der Kalkschichten als mächtige Quellen wieder erscheinen. Zuweilen sind in der Regenzeit die Katabothra nicht geräumig genng, nm dem Wasser seinen vollständigen Abfluss zn gestatten, und es entstehen dann temporäre Seen, die allmälig abfliessen. Die Basis der Kesselthäler ist in Griechenland meist von Thon nnd Mergel gebildet, der von den Strömungen mit in die Katabothra hineingezogen, aber offenbar innerhalb der Spaltungen und Höhlungen des Gebirges abgelagert wird, da die Quellen klar zn Tage kommen. In anderen Kalkgebirgen wiederholt sich dieselbe Erscheinung. Der Zirknitzer See in Krain entleert sich theilweise, znweilen selbst ganz, durch solche nnterirdische Canäle; die Torfmoore von Les Ponts bei Neuchatel, der Lac de Jonx im waadtländischen Jura ernähren ähnliche trichterförmige Abflüsse.

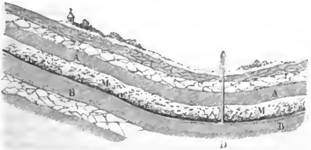
Solche grössere Abzngscanäle, welche wahrscheinlich im Innern des Gebirges durch bedeutende Höhlen und Spalten durchdringen, liefern dann auch ungemein mächtige Quellen, die als Flüsse und Bäche hervortreten. Die Quelle der Sorgne bei Vauclnse liefert in der trockenen Jahreszeit 444 Cubikmeter, in der wasserreichen hingegen 1330 Cnbikmeter Wasser in der Minute; die Serrière bei Neuchatel, die Birs bei Tavannes, der Mühlbach bei Biel, die Orbe im Waadt treten aus dem Felsen mit einer solchen Mächtigkeit, dass sie bei ihrem Ursprnnge Mühlräder zu treiben vermögen; der Loiret trägt sogar Dampfschiffe bis an seine Qnelle.

§. 968. Die Circulation des Wassers zwischen den einzelnen Schichten der Erdrinde hat namentlich zu der Errichtung **artesischer Brunnen** Veranlassung gegeben, und es ist hier nötbig, noch einmal darauf zurückzukommen, da die Wichtigkeit derselben von Tag zn Tag znnimmt. Es wnrde eben bemerkt, dass die Thon- und Mergelschichten, welche in allen Formationen fast sich finden, gleichsam die Grenzmarken der Wassergebiete in verticaler Hinsicht bilden; dass das Wasser nur so weit einsickert, bis es eine nndurchdringliche Schicht antrifft, und dass ebenso es nicht an die Oberfläche kommen kann, wenn eine undurch-

dringliche Schicht oberhalb sich befindet. Sandige Schichten dagegen, welche stets das Wasser begierig einsaugen und mit grosser Leichtigkeit durchsickern lassen, bieten dann vortreffliche Wasserbehälter dar, wenn unter ihnen sich eine Thonschicht findet, die das Wasser zurückhält. Dieses verbreitet sich um so mehr dem Gefälle der Schichten nach, als die Schichtflächen stets mehr oder minder grosse Absonderungsspalten darbieten und häufig durch sandige oder poröse Lager von einander getrennt sind, welche dem Wasser Durchzug gewähren. Deshalb wird man an Gebirgen, wo die Schichten mehr oder minder geneigt sind, die Quellen besonders an der Neigungsfläche finden; so an dem schweizerischen Jura gegen die Mollasse hin; in der Gegend von Bern an den Nordabhängen; im Badischen an den Westgehängen des Schwarzwaldes u. s. w. Finden sich unter den geneigten Schichten Sandlager, so werden diese besonders wasserführend sein und das von ihnen geführte Wasser wird an den Mergellagern zu Tage kommen. In Becken, wo die Schichten am Rande, wenn auch nur seicht, gehoben sind und gegen den Mittelpunkt des Beckens einschiessen, wird das von den Sandschichten geführte Wasser gegen den Mittelpunkt hin sich sammeln und dort unter einem Drucke stehen, welcher der Höhe gleicht, bis zu welcher die Sandschichten in der Umgebung des Beckens aufgerichtet sind. Das Wasser wird demnach in der Sandschicht in die Höhe steigen, bis es auf eine undurchdringliche Schicht trifft, welche ihm das Aufsteigen verbietet, und wird sich dann, wenn es nicht in die Tiefe entweichen kann, unter dieser Schicht ansammeln.

Der artesische Brunnen hat zum Zwecke, die obere undurchdringliche Schicht zu durchbohren und dem Wasser Abfluss auf die Oberfläche zu verschaffen. In der Figur 825 sind durch *A* und *B* zwei §. 969.

Fig. 825.



undurchdringliche Thonlager bezeichnet, die eine wasserführende Sandschicht *M* einschliessen. Der senkrechte artesische Brunnen *D* bildet mit der Schicht zwischen *M* und *B* einen Heber, durch welchen das Wasser in die Höhe steigen wird.

Artesische Brunnen sind deshalb an solchen Orten anzulegen, nach welchen hin mergelige Schichten nnter nicht zu grosser Neigung einschiessen, indem man dann stets hoffen kann, über oder unter diesen Mergelschichten Wasser anzutreffen. Die Neigung der Schichten darf nicht zu gross sein; es ist natürlich, dass man eine nnter 5 Grad geneigte Schicht in einiger Entfernung von dem Orte, wo sie zu Tage geht, nur in geringer Tiefe antrifft, während, wenn die Schicht unter 30 Grad einschiesst, man bis zu einer ungeheuren Tiefe vordringen müsste.

§. 970. Die artesischen Brunnen sind nur eine künstliche Wiederholnng derjenigen Erscheinungen, welche die Natur selbst in den aufsteigenden Quellen bietet, und die dadurch entstehen, dass das Wasser, welches in Wasser führende Schichten bis zu einer gewissen Tiefe eindrang, von diesen aus wieder durch Spalten emporsteigt. Es können demnach solche Quellen gewöhnlich nur da vorkommen, wo gehobene Schichten verschiedener Natur oder ungeschichtete nach bestimmten Richtungen hin zerklüftete Gesteine vorkommen. Der Druck, unter welchem diese meist sehr wasserreichen Quellen ausfliessen, hängt von der Tiefe, aus der sie aufsteigen, und von dem Unterschiede zwischen der Höhe des Einsickerungsgebietes und derjenigen des Ausflusses ab. Aus je grösserer Tiefe die Quelle aufsteigt, um so wärmer wird sie sein, und da die Wärme und der Druck die auflösende Kraft des Wassers vermehren, so erklärt sich auch der meist grössere Mineralgehalt solcher Quellen. Die Quellen von Pfäffers im Canton St. Gallen bilden eines der bekanntesten Beispiele dieser Art. Sie steigen mit einer Wärme von 30 Graden durch senkrechte Spalten eines thonigen Kalkschiefers in der Schlucht der Tamina und im Grunde des Flussbettes selbst aus einem Boden auf, dessen mittlere Temperatur etwa 8 Grad sein mag. Ihr Einsickerungsgebiet sind die Höhen der Grauen Hörner, wo die mittlere Temperatur wenigstens Null Grad beträgt. Je mehr Schnee auf dem Gebirge fällt, desto wasserreicher sind diese Quellen, die nothwendigerweise, wenn man die Wärmestufe für je einen Grad Zunahme zu 100 Fuss annimmt, bis zu 2200 Fuss unter dem Niveau ihrer Ausflussmündung, nnd demnach, da die Grauen Hörner im Mittel 7000 Fuss Höhe haben, die Ausflussöffnung aber bei 2000 Fuss Höhe sich befindet, bis etwa auf das Meeresniveau hinabsinken müssen, nm von diesem aus wieder anfzusteigen. — Nicht alle solchen Quellen kommen au die Oberfläche. Bei dem Durchbruche des Hauensteintunnels wurden im obern Drittel desselben warme Quellen angeschürft, welche durch zerklüftete Dolomite aufsteigen und jetzt eine starke warme Qnelle im Tunnel selbst bilden. Der Druck, unter dem sie aufsteigen, war zwar stark, aber dennoch nicht bedeutend genug, um sie einige hundert Fuss höher auf die Oberfläche des Berges zu treiben; sie blieben also am Hauensteine im Gebirge stecken, wäh-

rend an tieferen Stellen, wie bei Baden im Aargau, die warmen Quellen aus demselben Gesteine an die Oberfläche kommen.

Es geht aus dem Vorhergehenden natürlich hervor, dass der Reichthum der Quellen um so grösser ist, je mehr Regen und wässerige Meteore im Allgemeinen in der Gegend sich zeigen. In den Ländern, wo periodische Regenzeiten mit Trockenheiten abwechseln, zeigen die meisten Quellen periodisches Fliessen und Versiegen; in den Gebirgsländern finden sich die sogenannten Hungerbrunnen oder Maibrunnen an den Abhängen, auf deren Höhe der Schnee schmilzt, und die versiegen, wenn dieser Vorrath weggeschmolzen ist; selbst beständig fliessende Quellen zeigen stets eine der Regenmenge entsprechende Ab- und Zunahme ihres Wasservorrathes. Man muss demnach allen Quellen eine gewisse Periodicität zuerkennen, deren grössere oder geringere Vollständigkeit besonders von der Grösse ihres Wurzelgebietes abhängt. Sind die Wurzeln weit ausgebreitet, so ersetzen die höher liegenden Wurzeln die tiefer liegenden, indem erstere mehr im Sommer durch Condensation, letztere mehr im Winter liefern, und dadurch wird der Quelle ein stetes Fliessen gesichert; ist dies nicht der Fall und das Wurzelgebiet klein, so ist die Ausgabe der Quelle sehr von localen Umständen abhängig. §. 971.

Ausser diesen Erscheinungen verdienen noch diejenigen eine besondere Erwähnung, welche bei den intermittirenden (aussetzenden) Quellen stattfinden. Ausgezeichnet sind in dieser Beziehung die **Geyser von Island** (Fig. 826 a. f. S.), die von Zeit zu Zeit hohe Säulen kochenden Wassers mit Steinen und Trümmern unter starkem Getöse ausstossen, dann zurücksinken und ein kreisförmiges Loch leer lassen, dessen Umgebung stark mit niedergeschlagener Kieselerde überzogen ist. Dieser Kieselerdeniederschlag bildet nach und nach eine enge Röhre, eine wahre Springröhre, ganz in ähnlicher Weise, wie man solche Röhren auf Springbrunnen aufsetzt. Man glaubte früher, das periodische Aufsprudeln einiger Geyser werde dadurch hervorgebracht, dass diese Röhre mit einem unterirdischen Reservoir in Verbindung stehe, das etwa in ähnlicher Weise wirke, wie der Luftkessel an einer Feuerspritze. **Bunsen** hat indess nachgewiesen, dass die Periodicität des Aufsprudelns auch ohne Hülfe eines solchen Reservoirs, nur durch die Länge und die Dimensionen der Röhre bedingt wird, indem unter dem stärkeren Drucke der Wassersäule die unterhalb befindliche Wassermasse sich weit über den normalen Siedepunkt des Wassers überhitzt und dann Dämpfe bildet, die plötzlich die obere Wassersäule ins Kochen bringen und diejenigen Partien derselben, die noch nicht auf den Kochpunkt gelangt sind, plötzlich hinausschlendern. Die Ursache der Erhitzung des Wassers liegt bei den isländischen Geysern in der Nähe der vulcanischen Heerde und der nächste Grund des Aufsprudelns, wie eben angeführt, §. 972.

in der Entwicklung von Wasserdampf. Bei anderen Quellen liegt der Grund in anderen Gasen, wie namentlich in Kohlensäure. So findet sich bei Nauheim in der Wetterau eine ähnliche Quelle von Salzwasser, die, obgleich von gewöhnlicher Temperatur, dennoch wie kochendes Wasser hoch aufspritzt, dann zurücksinkt und in abgemessenen Zeit-

Fig. 826.



räumen dies Spiel wiederholt. Bei der Nauheimer Quelle scheint man indess, da keine erhöhte Temperatur im Spiele ist, dennoch ein inneres Reservoir annehmen zu müssen, in welchem sich die Gase so lange häufen, bis ihre Spannkraft die Schwere des Wassers überwiegt und dieses dann im Strahl hervortreibt. In neuester Zeit ist bei Nauheim eine andere Quelle zufällig in ein Bohrloch durchgebrochen, welche insofern den Geysern ähnlich ist, als sie eine bedeutend erhöhte Tempera-

tur besitzt. Bei anderen intermittirenden Quellen scheinen heberartig verbundene Räume die Ursache der Periodicität zu sein, indessen fehlen bestimmte Beobachtungen hierüber.

Den Gesetzen der Schwere folgend, sammelt sich das Wasser in immer grössere Ströme, welche den tiefer gelegenen Becken und Thalrinnen zueilen und endlich entweder in das Meer oder in grössere Binnenmeere sich ergiessen. Durch die Sammlung der Quellen, Bäche und Flüsse, welche sich endlich in einen einzigen Strom vereinigen, entstehen die Flussgebiete, als deren geographische Grenzen diejenigen Punkte oder Wasserscheiden dienen, von welchen aus die Gewässer nach verschiedenen Flüssen hinströmen. In sehr vielen Fällen sind diese Wasserscheiden Gebirgskämme oder höhere Rücken, sehr oft aber auch, wie schon im ersten Bande bemerkt wurde, flache Plateaus oder Torfmoore, in welchen kaum die Neigung bestimmt werden kann. Umgekehrt haben viele Gebirge, wie der Jura, die Eigenthümlichkeit, nicht als Wasserscheiden zu dienen, sondern von den Flüssen durchbrochen zu werden. An vielen Orten sind sogar die Wasserscheiden so durchaus von flachem Gelände gebildet, dass die Flüsse durch natürliche Querarme mit einander verbunden sein können, ohne dass einer in den anderen sich ergiesst. So verbindet sich der Rio-Negro, einer der bedeutendsten Zuflüsse des Amazonenstromes, durch den tiefen schiffbaren Cassiquiare mit dem Orenoco in der Art, dass man ungehindert aus dem Amazonenstrome in den Orenoco hinüberschiffen kann; so der Cambodja in Hinterindien mit dem Menam, der ihm parallel läuft, durch den natürlichen Quercanal des Anan u. s. w. Es war demnach ein grosser Fehler früherer Geographen, überall an die Wasserscheiden Bergketten zu versetzen und die Flussgebiete so durch Ketten einzugrenzen, die sehr oft nicht existiren. §. 973.

Die Flussgebiete der verschiedenen Continente bieten hinsichtlich ihrer Ausdehnung sehr verschiedene Verhältnisse dar und ihre Begrenzung selbst muss natürlich um so schwankender sein, je weniger das Land bekannt ist, um welches es sich handelt. Amerika steht allen anderen Continenten voran; ihm folgt Asien, dann Afrika und zuletzt Europa. Wir setzen hier eine Tabelle der ungefähr bestimmten Flächeninhalte der einzelnen Flussgebiete in geographischen Quadratmeilen her, bei welcher indessen bemerkt werden muss, dass das Flussgebiet des Nil in Folge der neueren Entdeckungen ohne Zweifel weit grösser ist. §. 974.

Name des Flusses.	Grösse des Flussgebietes.	Continent.
Amazonenstrom	106000	Amerika.
Mississippi	61400	
Obi	57200	Asien.
La Plata	55400	Amerika.
Jenisei	48600	Asien.
Lorenzstrom	41000	Amerika.
Lena	37100	Asien.
Amur	36400	
Yang-tse-kiang	34200	
Hoang-ho	33600	
Nil	32600	Afrika.
Mackenzie	27600	Amerika.
Ganges und Buramputra	27000	Asien.
Senegal	25600	Afrika.
Wolga	24800	Europa.
Zambeze	22000	Afrika.
Indus	19500	Asien.
Donau	14600	Europa.
Rhein	4080	
Po	1870	
Rhone	1760	

§. 975. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser strömt, hängt von der Geneigtheit des Bodens, über welchen es wegfliesst, oder von dem Gefälle ab; ferner von dem Widerstande, den das Wasser durch Reibung und Adhäsion in dem Strombette findet, und, als Folge hiervon, von der Tiefe und Breite des Stromes selbst. Da nun die Quellen sich meist in höheren Gegenden in Berg- und Hügelketten finden, wo die Thalsohlen stark geneigt sind, während in den Ebenen das Gefälle nur sehr unbedeutend ist, so folgt daraus das sehr einfache Verhältniss, dass in dem Quellenbezirke oder dem sogenannten Oberlaufe die Gewässer meist die grösste Geschwindigkeit haben und diese Geschwindigkeit allmälig nach dem Unterlaufe hin abnimmt. In dem Oberlaufe finden sich die grössten Mannigfaltigkeiten, da hier die Gestaltung des Bodens den bedeutendsten Abwechselungen unterworfen ist und ausserdem die Hydrometeore weit unregelmässiger in die Jahreszeiten vertheilt sind, als in den Ebenen. Deswegen finden sich meist in dem Oberlaufe der Flüsse die Wasserfälle und Wildbäche, während in dem Unterlaufe nur ausnahmsweise Wasserfälle, Katarakten oder Stromschnellen durch besondere Constitution des Bodens bedingt werden. Aus dem gleichen Grunde ist auch der Oberlauf der Flüsse durch bedeutendere Erosion und Wegführung, der Unterlauf durch Anhäufung von Materialien ausgezeichnet. Die Wasserfälle bieten die grössten

Mannigfaltigkeiten dar; bald tritt der Fels so zurück, dass der Fluss frei über ihn im Bogen hinausspringt, wie am Staubbach im Lauterbrunnenthale, dem Reichenbach im Haslithale, dem Niagarafalle in Nordamerika; bald klebt der Bach theilweise an der Hinterwand, wie an der Handeck im Hasli, den Fällen von Tivoli und Terni; oder schiesst nur über stark geneigte Felsflächen hinab, wie die Tosa in Oberitalien, der Gelmerfall, der untere Reichenbach, der Giessbach im Berner Oberlande und der Trolbätta in Schweden. Die Katarakten und die Stromschnellen finden sich vorzugsweise im Unterlaufe der Ströme und sind meist dadurch bedingt, dass festere Gesteine sich zwischen weniger feste Schichten eingelagert haben und nun Terrassen bilden, über welche der Fluss hinwegströmt und innerhalb welcher sein Bett nicht so breit eingeschnitten ist, als in den übrigen, leicht vertilgbaren Schichten. Die meisten grösseren Ströme, der Nil, Orenoco, Amazonenstrom, die Donau, zeigen solche Katarakten und Stromschnellen, bedingt durch terrassenförmige Auflagerung der Schichten, welche den mehr ebenen Theil des Flussgebietes bilden.

Die Ablagerungen, welche durch die Gewässer auf der Oberfläche der Erde gebildet werden, können in drei wesentlich verschiedene Abtheilungen gebracht werden. §. 976.

Entweder können sie durch chemische Kräfte bedingte Niederschläge von Substanzen sein, welche in dem Wasser aufgelöst waren. Es giebt nirgends auf der Erde reines Wasser; alle Quellen, Flüsse und Seen enthalten verschiedene Salze in Auflösung, deren Menge und Qualität mannigfaltig wechseln und so bald sogenannte Mineralwasser, bald untrinkbare oder trinkbare Quellen und Gewässer erzeugen. Das Meerwasser unterscheidet sich von dem süssen Wasser ebenfalls durch einen besonderen Salzgehalt. Durch Veränderung der aufgelösten Salze an der Luft, durch Contact derselben mit Gesteinen und anderen chemisch wirkenden Körpern können mannigfaltige Niederschläge und Ablagerungen bedingt werden, welche sich meist unter der Form von Incrustationen und concretionirten Gebilden zeigen und um so bedeutender sind, je mehr Stoff das Wasser in Auflösung erhält.

Eine andere Classe von Niederschlägen entsteht auf mechanische Art durch allmäligen Absatz der Materien, welche das Wasser nur aufgeschlämmt in Suspension erhält oder auf geneigten Flächen fortbewegt. Die Masse dieser Ablagerungen von mechanisch dem Wasser beigemengten Theilen ist bei Weitem grösser, als alle chemischen Niederschläge aufgelöster Substanzen. Es gehören hierher die Ablagerungen von Schlamm, Thon und Sand, kleineren und grösseren Geröllen, welche theils durchaus in Suspension erhalten werden, theils längs des Bodens durch die Bewegung der Gewässer fortgerollt und so ebenfalls allmälig §. 977.

in weite Fernen geführt werden. Die Schnelligkeit des Gewässers und seiner Bewegung übt natürlich den wesentlichsten Einfluss auf die Art des Absatzes aus, während die Grösse der aufgeschwemmten Theile ebenso wesentlich auf die Art und Weise einwirkt, wie sie sich beim Absatze vertheilen.

§. 978. Endlich beruht eine dritte Classe von Ablagerungen auf der eigenthümlichen Entwicklung organischen Lebens, welchem das Wasser als Grundlage dient. Auch diese Art von Ablagerungen, die man früher nur als Muschelbänke, Korallenriffe und andere, mehr beschränkte Aufschichtungen kannte, hat eine ausserordentliche Bedeutung gewonnen, seit man erfahren hat, dass die mikroskopischen Wesen des Thier- und Pflanzenreiches, die Infusorien, Rhizopoden und Algen, eine wesentliche Rolle in der Bildung jener Schichten spielen, welche sich auf dem Boden der Gewässer aller Art erzeugen, und dass diese kleinen Organismen durch ihre ungeheure Anhäufung in wirklich unbegreiflicher Zahl ein wesentlich bildendes Element der Erdrinde geliefert haben. Die organischen Ablagerungen sind insofern besonders wichtig, als die meisten derselben durch Thiere und Pflanzen gebildet werden, welche an ihrem Wohnsitze fixirt waren und deshalb dort in derselben Gruppirung gefunden werden, in welcher sie während des Lebens verharrten.

§. 979. Die chemischen Niederschläge finden sich namentlich in überwiegender Menge in den Quellen aller Art, welche aus dem Schoosse der Erde hervorbrechen und bei ihrem Durchgange durch Felsarten verschiedener Zusammensetzung auch sehr verschiedene Substanzen auflösen. Die warmen Quellen, welche aus grösserer Tiefe oder aus vulcanischem Boden dringen, lösen meist eine weit grössere Menge von Bestandtheilen auf, als die kälteren Quellen, welche als Trinkwasser benutzt werden. Mineral- oder Heilquellen nennt man ausserdem alle Quellen, welche entweder eine erhöhte Temperatur besitzen, eine bedeutende Menge von Salzen und löslichen Stoffen, oder auch solche Substanzen enthalten, deren Gegenwart in dem Trinkwasser nicht gewöhnlich ist. Es giebt kein Quellwasser auf der Erde, welches durchaus reines Wasser ohne Beimischung wäre, und man hat mit Unrecht geglaubt und viele Leute glauben noch, dass dasjenige Wasser das beste Trinkwasser sei, welches am wenigsten mineralische Stoffe aufgelöst enthalte.

§. 980. Neuere Untersuchungen und zahlreiche Analysen haben vielmehr nachgewiesen, dass die gesuchtesten Trinkwasser atmosphärischen Sauerstoff, Kohlensäure, Kochsalz, Gyps und doppeltkohlensauren Kalk in gewissen Mengen enthalten und dass der Gehalt an diesen Gasen und Salzen sogar eine nothwendige Bedingung für den Gebrauch eines Wassers als Trinkwasser ist, indem dieselben zur Verdauung beitragen

und die thierischen Organismen einen Theil der ihnen nöthigen Salze, namentlich des zur Skeletthildung nöthigen Kalkes im Nothfalle ans dem Wasser beziehen. Die meisten Quellen enthalten aber diese Bestandtheile in bestimmten Verhältnissen.

Unter den Mineralquellen gieht es verschiedene Kategorien. So zeichnen sich einige, wie z. B. die Quellen von Gastein nnd Pfeffers, durch die ausserordentliche Reinheit ihres Wassers aus, das kaum Bestandtheile aufgelöst enthält, ohgleich es in höherer Temperatnr aus dem Boden hervorkommt. Andere heisse Quellen, wie z. B. Karlshad, Wiesbaden, Baden im Aargau, enthalten dagegen eine grosse Quantität fester Bestandtheile, deren Natnr von den Gesteinschichten, welche durch diese Wasser ausgelaugt werden, ahhängig ist. Die Wärme des Quellwassers nnd der Druck, unter dem die Quellen hervorhrechen, tragen hegreiflicher Weise dazn hei, die Auflösung der Mineralsubstanzen in dem Wasser zu erhöhen. Die am hänfigsten vorkommenden Stoffe sind nun die folgenden.

Kohlensanres Gas findet sich ohne Ausnahme wohl in allen Wassern und hildet ein wesentliches Auflösnngsmittel für Kalkgesteine aller Art. Nimmt die Menge desselhen hedentend zu, so hat man die sogenannten Sanerwasser oder Säuerlinge, die hesonders in vulcanischen Gegenden, sowie in der Nähe von Braunkohlenablagerungen häufig sind und oft ganz ungeheure Quantitäten freier Kohlensänre enthalten, die his zu 60 Cuhikzoll in einem Pfunde Wasser austeigen kann. Diese grossen Mengen von Kohlensänre werden den aufsteigenden Quellen dnrch Seitenströme von Kohlensäure zugeführt, die in solchen Gegenden fast überall im Boden circnliren. Ebenso sind Sanerstoff und Stickstoff Bestandtheile aller Gewässer; der letztere aher findet sich in manchen Qnellen, wie z. B. in Bath, in ziemlich hedeutender Quantität. Schon diesem Gasgehalte nach nnterliegt es keinem Zweifel, dass auch die heissesten Mineralquellen nnr atmosphärische Wasser sind, welche his in eine grosse Tiefe hinah filtrirten, dort erhitzt wurden und beim Anfsteigen mineralische Bestandtheile anflösten. Unter dem Namen der Schwefelwasser unterscheidet man diejenigen Quellen, welche eine hedeutende Quantität von Schwefelwasserstoffgas enthalten, das, wie es scheint, hauptsächlich durch Zersetzung von Eisenkiesen und anderen Schwefelmetallen in die Gewässer gelangt.

Was nun die festen Bestandtheile betrifft, so sind vor Allem die Soolqnellen zu unterscheiden, welche durch Auslaugung der Salzlager entstehen nnd oft völlig gesättigt an die Oherfläche kommen. Meist finden sich in Begleitung des Kochsalzes noch Brom- und Jodsalze in veränderlicher Quantität. Durch ihren Gehalt an Kohlensäure lösen die atmosphärischen Gewässer hei dem Durchsickern durch die Schichten besonders Kalk und Magnesia auf und werden, wenn sie Eisenoxydul auflösen, zn Eisen- oder Stahlwassern. Gehalt an

schwefelsaurer Magnesia charakterisirt besonders die sogenannten **Bitterwasser**, die, wie es scheint, durch gegenseitige Zersetzung von Gyps und Dolomit entstehen; unter anderen schwefelsauren Salzen findet sich besonders häufig Gyps und Glaubersalz und in erzreichen Gegenden Eisen-, Kupfer- oder Zinkvitriol. In vulcanischen Gegenden zeigen sich besonders auch Naphta- und Erdpechquellen, freie Schwefelsäure oder Borsäure, und fast in allen heissen Quellen Kieselerde, sowie organische Stoffe, die zuweilen von mikroskopischen Pflanzen herrühren. Die Einwirkungen dieser verschieden zusammengesetzten Quellwasser auf die Gesteine und die Zersetzung derselben sind noch viel zu wenig erforscht und bietet dieses Studium sicherlich eine der reichsten Quellen für die Lösung der wichtigsten geologischen Probleme; denn diese Einwirkungen und Zersetzungen sind ohne Zweifel in ihren Resultaten noch weit bedeutender, als die Neubildungen auf chemischem Wege, welche aus diesen Gewässern hervorgehen.

§. 981. Der doppeltkohlensaure Kalk, der fast in allen Quellen vorkommt, ist ziemlich leicht löslich, verliert aber bei Berührung mit der Luft die Hälfte seiner Kohlensäure und schlägt sich dann als schwerlöslicher einfachkohlensaurer Kalk nieder. Auf dieser Eigenschaft des kohlensauren Kalkes beruht die Bildung der **Kalktuffe**, **Süsswasserkalke** oder **Travertine**, mehr oder minder feste Felsgesteine, welche sich an den Ufern und dem Boden der Quellen, Flüsse, Teiche und Seen bilden. Dass die Bildung dieser Tuffe namentlich an solchen Orten sehr bedeutend sein muss, wo die Gewässer sehr vielen doppeltkohlensauren Kalk enthalten, ist leicht einzusehen; ebenso wirkt die schnellere Verdunstung, sowie die Temperatur, unter welcher das incrustirende Wasser zu Tage kommt, sehr auf die Grösse der Ablagerungen ein.

§. 982. Eine der bedeutendsten Ablagerungen dieser Art findet sich an den berühmten Wasserfällen von Terni. Der Velino, welcher diese bildet, enthält eine grosse Menge doppeltkohlensauren Kalkes, wie alle Gewässer jenes Theils der Apenninen, der mancherlei Spuren vulcanischer Einwirkung trägt. Da fast alle Quellen vulcanischer Bezirke bedeutende Mengen von Kohlensäure enthalten, wodurch grosse Quantitäten von Kalk aufgelöst werden, so kann der Reichthum des Gehaltes an diesem Bestandtheile nicht auffallen. Der Canal, welcher den Velino zu den Wasserfällen leitet, ist durch eine bedeutende Ablagerung von **Travertin** gegraben und an dem Fusse des Wasserfalles, selbst in dem Bette der Nera, in welche der Velino sich ergiesst, findet eine stete Bildung von Travertin Statt. Dieser scheint auf den ersten Blick grosse unregelmässige Massen zu bilden, zeigt aber, bei näherer Untersuchung, eine sphäroidale Zusammensetzung aus zwiebelartig über einander gelagerten Blättern und Zonen, welche successiven Zuwachs andeuten.

Oft findet man im Innern dieser Sphäroide, welche zuweilen mehre Meter Durchmesser erreichen, irgend einen fremden Körper, ein Sandkorn, Steinchen u. s. w., als erstes bestimmendes Moment seines Absatzes, der durch successiv hinzutretende neue Schichten sich stets vermehrte und vergrösserte. Die Menge des in den Gewässern des Velino enthaltenen Kalkes ist aber so gross und der Verlust der auflösenden Kohlensäure dnrch die Zertheilung des Wassers bei dem Sturze so bedeutend, dass selbst in dem Bette der Nera noch die Bildnng des Travertines fortdauert. — Viele andere Quellen nnd Gewässer in der Nähe dieses vulcanischen Bezirkes der Apenninen zeigen einen ebenso grossen oder noch grösseren Reichthum an aufgelöstem Kalk als der Velino, nnd bekanntlich benutzt man den Niederschlag der Bäder von San Filippo, um Reliefs, Abdrücke nnd ähnliche Erzeugnisse zu bilden.

Fast in allen Gegenden giebt es solche kalkhaltige Quellen, welche §. 983.
man als versteinernde Qnellen kennt. Der kalkige Niederschlag wird, wie alle chemischen Niederschläge, begünstigt durch die Gegenwart rauher Oberflächen, welche er incrustiren kann, nnd so zeigen sich dann meist die Absätze als successive Einhüllungen derjenigen Körper, welche solche Oberflächen bieten. Steine und Sandkörner, besonders aber organische Körper aus dem Pflanzen- nnd Thierreiche, dienen als erster Anziehnngspnnkt für diese Niederschläge, welche nnr nach und nach bei zunehmender Anhäufung die nrsprünglichen Formgestalten der Körper wiedergeben. Die meisten Tuffe, welche sich nnter unseren Augen beständig weiter bilden, zeichnen sich deshalb durch eine Menge von Höhlen, Zwischenräumen und eine gewisse schwammige Textur aus, welche daher rührt, dass sich dieselbe um Moose, Algen nnd sonstige kleine Gewächse bilden, deren oft sonderbar in einander verschlungene Form sie wiederholen. Gewiss tragen diese Pflanzen auch dadurch zur Bildnng der Tnffe wesentlich bei, dass sie die im Wasser enthaltene Kohlensänre dnrch den Vegetationsprocess zersetzen, indem sie den Kohlenstoff assimiliren nnd Sauerstoff aushauchen. Durch diesen Process wird die Kohlensäure, das Lösungsmittel des Kalkes, aus dem Wasser entfernt nnd der einfach kohlensanre Kalk niedergeschlagen.

Die gewöhnlichen Süsswasserkalke sind nnr eine compactere §. 984.
Form dieser Tnffe, welche sich besonders auf dem Grnnde der Süsswasserteiche und Seen meist sehr langsam nnd in grosser Ruhe ablagert. Die organischen Körper bilden auch hier Mittelpunkte concentrischer Ablagerungen, deren Zwischenräume sich aber allmälig ausfüllen, so dass compacte Massen sich erzeugen, in welchen die oft zerstörten Pflanzenreste nnregelmässige Canäle und Höhlungen bilden. Zahlreiche Schalen von Süsswasserbewohnern sind in diesen Süsswasserkalken eingeschlossen, während die aus bewegteren Gewässern abgesetzten Kalktuffe

und Sinter meist nur vegetabilische Reste enthalten. Einen Beweis für die grosse Ruhe, in welcher sich meist die Süsswasserkalke ablagern, bilden auch die feinen Röhren und Bläschen, die sich darin finden und offenbar durch Luftbläschen entstanden, welche in die Höhe stiegen, als der Kalkniederschlag noch die Consistenz eines festen Schlammes hatte.

§. 985. Eine der eigenthümlichsten Ablagerungen bildet der Sprudelstein bei Karlsbad, eine Art Kalksinter, welche von den dortigen heissen Mineralquellen geliefert wird, und zwar wesentlich aus Kalk besteht, aber noch viele andere Stoffe enthält. Derselbe besitzt eine durchaus oolithische Structur, und wenn man die einzelnen Pisolithe untersucht, so findet man, dass jedem derselben ein feines Sandkörnchen zum Mittelpunkte dient. Die Erklärung der Entstehung dieses Sprudelsteines ergiebt sich aus der Beobachtung der Quelle selbst, die mit einer sehr bedeutenden Temperatur kochend und wallend aus der Erde hervorbricht. Die kleinen Sandtheilchen, welche darin hüpfend umhergetrieben werden, umgeben sich nach und nach mit concentrischen Schichten kohlensauren Kalkes, dem sie als Anziehungscentrum dienen, und sinken zu Boden, sobald ihr Volumen die Tragkraft des Wassers übertrifft. Aus der Verkittung dieser einzelnen Oolithe geht dann der Sprudelstein hervor, dessen einzelne, erbsengrosse Concretionen aus dünnen, deutlich geschichteten Lagen bestehen, welche meist durch Eisen gefärbt sind. Ein grosser Theil der Stadt Karlsbad steht auf solchem Sprudelstein, der früher von den Quellen abgelagert wurde und einzelne grosse Becken heissen Quellwassers überdeckt. Von Zeit zu Zeit geschehen, bei heftigerer Aufregung der Quellen, neue Durchbrüche durch diese Sinterdecken.

§. 986. In geringerem Maasse zeigen sich kohlensaure Kalkablagerungen in allen Höhlen, wo das kalkhaltige Wasser durch die Felsenwände durchsickert und dann beim Verdunsten ein incrustirendes Sediment zurücklässt, die Stalaktiten oder Tropfsteine, die namentlich da zapfenförmig sich bilden, wo eine Spalte dem Wasser einen regelmässigen tropfenden oder rieselnden Abfluss gestattet. Das auf den Boden abtropfende Wasser bildet dort eine kegelförmige Tropfsteinmasse, einen Stalagmiten, und beide Theile vereinigen sich oft in der Mitte, so eine Säule bildend, die ursprünglich einer Sanduhr ähnelt und nach und nach sich ausgleicht.

§. 987. Von weit geringerer Ausdehnung als die Kalkablagerungen sind die Kieselsinter, welche einige, namentlich heisse Quellen erzeugen. Die Geyser auf der Insel Island haben Ablagerungen dieser Art gebildet, welche mehr als zwölf Fuss Mächtigkeit zu haben scheinen und sich auf mehr als eine halbe Stunde im Umkreise ausdehnen. Die Pflanzenstoffe, welche in diesen Kieseldepots eingeschlossen werden,

erhalten sich ganz so, wie sie in den verkiesten Stämmen und Blättern der älteren Schichten erhalten sind. Die flüssige Kieselerde durchdringt das ganze Gewebe, dessen feinste Zellen und Fasern in ihrer Anordnung ebenso erhalten werden, als wären sie durchaus unzerstörbar; die geringsten Einzelheiten der Form und Structur sind in diesen verkiesten Resten zu erkennen. Abgesehen von der Materie bieten sonst diese Kieselsinter dieselbe zonige, schalige Ablagerung dar, wie die Kalksinter, und da sie manchmal fremdartige Mineralstoffe, Mergel, Thone, Metalloxyde u. s. w. einschliessen, so erhalten sie hierdurch manche Abwechselungen bänderartig vertheilter Farbenzonen. In mehren anderen Gegenden, auf der Insel St. Michael, die zu den Azoren gehört, in einigen anderen heissen Quellen von Island, Nordamerika, Deutschland u. s. w. finden sich ähnliche Kieselablagerungen, die bei St. Michael bis zu 30 Fuss Mächtigkeit erlangen und verschiedene Schichtenfolgen bieten sollen, welche die wohlerhaltensten Pflanzenreste verkieselt enthalten. Das Innere der nördlichen Insel von Neuseeland ist fast gänzlich durch treppenförmige Ablagerungen solcher Kieselerdemassen überdeckt, über welche heisse Cascaden kieselhaltiger Wasser herabstürzen. Alle diese Kieselsinter gleichen sich mehr oder weniger durchaus und unterscheiden sich von manchen Kieselablagerungen, die besonders durch organische Wesen bedingt werden, durch ihre mineralische Beschaffenheit und den Mangel von Kieselpanzern in der Masse.

§. 988. Der Eisengehalt vieler Quellen, Gewässer und Moräste liefert den Stoff zu einem eigenthümlichen Absatze von Eisenerz, welches unter dem Namen **Rasenerz**, **Bohnerz**, Raseneisenstein bekannt ist. Dieses Mineral bildet kleine Körner, welche zuweilen bis zu Kopfgrösse heranwachsen, meist aber in Form kleiner Erbsen oder Böhnchen auf dem Grunde der Moräste, in sumpfigen Wiesen und an solchen Orten sich ansammeln, wo viele Feuchtigkeit und Wasser lange in der Dammerde oder dem Lehmboden stagnirt. Die bedingenden Ursachen dieser Ablagerungen sind ohne Zweifel complicirter, als bei den Kalk- und Kieselsintern.

Zuvörderst kann wohl keinem Zweifel unterworfen sein, dass gewisse mikroskopische Organismen, welche man bisher dem Thierreiche, richtiger aber wohl dem Pflanzenreiche beigesellt, eine bedeutende Rolle in der Production dieses Rasenerzes spielen. Die Gallionellen, welche eine starke, eisenhaltige Schale besitzen, findet man in grosser Menge in allen Quellen und Sümpfen, welche Rasenerz hervorbringen, und ihre Panzer zeigen sich in den Böhnchen selbst in ungemeinen Quantitäten angehäuft.

§. 989. Indess kann auf der anderen Seite nicht geleugnet werden, dass auch chemische Kräfte einen bedeutenden Einfluss auf die Bildung des

Rasenerzes üben, und dass namentlich vegetabilische Stoffe, welche sich zersetzen, das Ihrige zur Auflösung des Eisens beitragen, welches nachher als Bohnerz abgelagert wird. Die eisenhaltigen Gesteine werden durch vegetabilische Stoffe, besonders Wurzeln, allmälig entfärbt, das Eisenoxyd, welches darin enthalten ist, reducirt und als Oxydul dann nachher von dem durchsickernden Wasser weggeführt. Der eisenhaltige Sand namentlich zeigt sich oft im Umkreise eines halben Fusses um eine faulende Baumwurzel vollkommen seines Eisens beraubt. Die Quellsäure und Kohlensäure der atmosphärischen Wasser bemächtigen sich dieses Eisenoxyduls, das nun wegfliesst, bis es an solchen Orten, wo das Wasser geringeren Fall hat, besonders aber in Seen, Sümpfen, Teichen und Torfmooren sich auf Kosten des Sauerstoffes der Luft allmälig wieder oxydirt, unlöslich wird, niederfällt und durch moleculare Anziehung kleinere oder grössere Erbsengesteine bildet.

Die Bildung des Rasenerzes findet demnach überall Statt, wo mit Eisenoxydul überladene Gewässer sich ansammeln und stehen bleiben. In den Seen Schwedens und Norwegens ist das so gebildete Erz meist fast reines Oxyd, in den Torfmooren und Sümpfen enthält es fast immer Phosphorsäure, die sich aus den Organismen, welche dort faulen, erzeugt und mit dem Eisen verbindet. Der eisenhaltige Absatz, welchen die Gewässer in der Ruhe bilden, zeigt sich zuerst in Gestalt eines braunen, gelatinösen, schlüpfrigen Schlammes, der sich überall anhängt und allmälig um die kleinen Sandkörner des Bodens concentrische Knötchen bildet. Die Bildung ist, wie man sieht, nicht nur auf die Sümpfe und Torfmoore beschränkt, sondern macht sich auch in reinem Seewasser, sowie in den nassen Strandregionen des Meeres, wo der Sand der Dünen eisenhaltig ist, bemerklich.

Da die Säuerlinge meist bedeutende Quantitäten von kohlensaurem Eisenoxydul enthalten, so setzen sie dieselben in Form von Ocker ab, während heisse Schwefelquellen bei Berührung mit organischen Substanzen, wenn sie zugleich Eisen enthalten, Schwefelkies absetzen.

§. 990. Die auf diese Weise noch jetzt auf der Erde fortdauernden chemischen Ablagerungen von Kalk, Kiesel und Eisen, welche sich aus den süssen Gewässern niederschlagen, sind besonders um deswillen von hoher Bedeutung für den Geologen, weil ähnliche Absätze sich in älteren Gebirgsschichten finden. Ihre relative Menge im Verhältniss zu anderen, mechanischen und organischen Ablagerungen ist indess nur sehr gering und ihre Masse kaum in dieser Beziehung in Anschlag zu bringen. In älteren geologischen Formationen ist dies Verhältniss ebenso ungünstig, und wenn auch hier und da einige grosse Ablagerungen dieser Art existiren, so bieten sie doch im Vergleich zu anderen Bildungen nur eine verschwindende Grösse. Dagegen sind diese Ablagerungen ausserordentlich wichtig für die Beurtheilung der auflösenden und umwandelnden

Kraft der Gewässer, indem sich auch namentlich in ihnen Stoffe anhäufen, die in dem Wasser selbst in so verschwindend kleinen Quantitäten sich befinden, dass selbst die aufmerksamste Analyse sie nicht nachzuweisen vermag. Fluor, Phosphor, Strontian, Kupfer, Arsenik, Antimon, Zinn und andere Metalle sind auf diese Weise in Absätzen, dadurch auch in dem absetzenden Quellwasser und dadurch wieder in Gesteinen nachgewiesen worden, aus welchen die Sickerwasser sie aufgelöst hatten.

Auch die chemischen Ablagerungen im Meere scheinen nicht so bedeutend, als man von vornherein glauben sollte, und beschränken sich meist, wie es scheint, auf die Küstenstriche, längs welcher die süssen Gewässer bedeutendere Massen fremder Stoffe in aufgelöstem Zustande dem Meerwasser zuführen. Andererseits sind diese Ablagerungen noch zu wenig studirt, so dass es schwer hält, weitere Schlüsse auf ihre Kenntniss zu bauen. Man kennt vorzüglich nur Ablagerungen von Kalk, welche besonders in wärmeren Meeren stattfinden, wo durch die starke Verdunstung die Kohlensäure aus dem Wasser entweicht und der einfachkohlensaure Kalk niederfällt. Unter der Bewegung des Meeres bilden sich dann meistens rundliche Kalkkörner, deren Entstehung durch ein Sandkörnchen, ein Muschelstückchen veranlasst wird und deren Anhäufung dann wahrhafte Oolithe zusammensetzt, welche die Muschelfragmente an der Küste zusammenbacken und so selbst ziemlich compacte Kalke bilden können. Die Küstenriffe der Koralleninseln sind meistens auf diese Weise noch inniger zusammengebacken.

Von besonderem Interesse sind die Ablagerungen, welche durch die Austrocknung alter Binnenseen und Binnenmeere entstehen. Die meisten Salzseen sind ohne Zweifel Ueberreste von Meeren, die allmälig austrocknen und gewöhnlich mächtige Salzlager absetzen, die zuweilen in der nassen Jahreszeit wieder theilweise aufgelöst werden, in den umgebenden Boden einsickern, dort bei der Austrocknung ausblühen und so jene salzhaltigen Steppen und Wüsten bilden, welche um diese Salzseen sich meistens herumziehen. In den meisten dieser Seen findet sich Natron; — oft in so grosser Menge, dass man sie unter dem Namen der Natronseen bezeichnet; in anderen findet sich vorwiegend Chlormagnesium, und es kann keinem Zweifel unterliegen, dass diese so stark salzhaltigen Wasser auf die Gesteine der Umgebung ganz bedeutende chemische Einwirkungen haben müssen. In den Ablagerungen dieser Salzseen findet sich fast stets schwarzer Schlamm, Gyps, Schwefeleisen und andere Stoffe, die auf bedeutende chemische Processe hindeuten, welche indess noch nicht näher erforscht sind.

Die mechanischen Ablagerungen von Substanzen, welche im Wasser aufgeschlämmt und allmälig von demselben abgelagert werden, spielen eine bedeutendere Rolle als die chemischen Niederschläge, und es wird daher nöthig sein, dieselben nach den verschiedenen Arten von §. 991.

Gewässern zu betrachten, in welchen sie vor sich gehen. Es ist vor allen Dingen einleuchtend, dass die Art der Bewegung, welche die Gewässer besitzen, auf die Ablagerungen den grössten Einfluss ausüben müsse, und dass die mechanischen Niederschläge um so vollständiger sein müssen, je ruhiger das Becken ist, in welchem das mit aufgeschlämmten Materien erfüllte Wasser empfangen wird. Die Bewegung der fliessenden Gewässer, Quellen, Bäche, Flüsse und Ströme lässt sehr oft die zerstörende, wegschaffende Wirkung derselben weit über die Ablagerungen vorherrschen, während in dem ruhigeren Becken der Buchten und Seen letztere weit die Ueberhand gewinnen. Ebenso ist die Bewegung des Meeres durch Tiefströmungen, durch Ebbe und Fluth, sowie durch die Einwirkung des Windes auf die ungeheure Fläche eine ganz eigenthümliche, und es wird deshalb gerathen sein, die mechanischen Ablagerungen in strömenden Wassern, in ruhigen Süsswasserbecken und im Meere für sich einzeln zu untersuchen.

§. 992. Der Detritus der Berge, die aufgelockerten Schichtentrümmer der ebenen Gegenden werden von den fliessenden Gewässern fortgeführt, und zwar um so leichter, je schneller die Bewegung derselben ist. Diese letztere hängt sowohl von der Neigung des Bettes derselben, als auch von der Tiefe und Breite des Bettes ab, in welchem sich die Gewässer bewegen. — Verhältnisse, welche die Hydrodynamik bis in das Kleinste erforscht hat. Die Neigung des Flussbettes namentlich ist von dem grössten Einflusse, und es lässt sich leicht aus der Vergleichung der Länge des Laufes eines Flusses mit der Höhe seiner Quelle und seiner Ausmündung die Neigung eines Flusses im Ganzen oder auf die einzelnen Theile desselben berechnen, sobald man einzelne, auf seine Länge vertheilte Stationen kennt. Diese Neigungen sind bei Weitem nicht so beträchtlich, als man auf den ersten Blick glauben sollte. Wir geben in der nachstehenden Tabelle einige der wichtigsten dieser Neigungen, nach den Berechnungen von Elie de Beaumont.

Name des Flusses.	Fall pr. Meter.	Fall in Graden, Minuten und Secunden.
Die Rhone von Arles bis zum Hafen von Bonc	0,000039	0° 0′ 8″
Saone zwischen Châlons und Lyon	0,000050	„ 0′ 10″
Seine von der Mündung der Oise bis zur grossen Steinbrücke in Rouen	0,000087	„ 0′ 18″
Saint Laurent vom Eriesee bis zu den Stromschnellen über dem Niagara	0,000121	„ 0′ 25″
Rhone von Tarascon bis Arles . .	0,000160	„ 0′ 33″

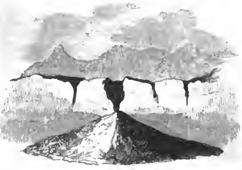
Name des Flusses.	Fall pr. Meter.	Fall in Graden, Minuten und Secunden.	
Rhein bei der Mündnng der Lauter (Elsass)	0,000395	0° 1′ 21″	
Rhone von Lyon bis Arles	0,000553	„ 1′ 54″	
Rhein von Basel bis zur Lauter	0,000647	„ 2′ 13″	
Rhone von der Isère bis zum Lez	0,000740	„ 2′ 30″	
Rhein bei Basel	0,000964	„ 3′ 19″	Grenze der Schiffbarkeit.
Doubs bei Besançon	0,001000	„ 3′ 26″	
Saint Laurent vom Niagarafall bis zum Ontariosee	0,001544	„ 5′ 18″	
Durance von der Brücke von Bompas bis zur Rhone	0,002102	„ 7′ 19″	
Durance von Briançon bis zur Rhone	0,004698	„ 16′ 9″	
Rhone bei Sierre in Wallis	0,005940	„ 20′ 26″	
Arve eine balbe Stunde oberhalb St. Martin in Savoyen	0,008440	„ 29′ 00″	(Kopfgrosse Kiesel bleiben meist liegen.)
Isère bei dem Dorfe Tignes	0,009310	„ 32′ 00″	(Springt gegen alle Hindernisse an.)
Simeto bei Aderno am Aetna	0,013023	„ 44′ 46″	
Simeto bei Bronte am Aetna	0,016034	„ 55′ 9″	
Die Dranse des Bagnethales von dem Fusse des Gétrozgletschers zur Rhone	0,016873	„ 58′ 0″	
Saint Laurent in den Stromschnellen oberhalb des Niagara	0,019304	1° 06′ 21″	
Arve bei Argentière (Chamouni)	0,023895	1° 29′ 00″	(Rollt Blöcke von 2′ Durchmesser.)
Arve zwischen la Tour und Argentière	0,062040	3° 33′ 24″	(Schäumt an allen Hindernissen auf.)
Bach des Gletschers von la Tour	0,091594	5° 14′ 00″	(Bildet keine zusammenhängende Masse mehr.)
Wildbach von Chapin nach den Bädern von Bonaval (Tarentaise)	0,122884	7° 14′ 00″	(Bildet eine Reihe von Wasserfällen.)

Wenn wir nun, den Gewässern von ihrem Ursprunge an folgend, §. 993.
ihre mechanischen Ablagerungen untersuchen, so zeichnen sich in dem Oberlaufe der Flüsse die **Wildbäche** (*torrents*) vorzüglich durch die eigenthümliche Form der Deltas aus, welche sie an ihren Ausmündestellen in die breiteren Thäler bilden. Im Allgemeinen kann man an diesen, namentlich in den Alpen und Hochgebirgen äusserst verderblich werdenden Gewässern einen oberen Theil des Laufes unterscheiden, auf welchem sie den Schutt der steilen Felswände wegreissen, den sie nachher an dem Ausmündungspunkte absetzen. Die Deltas solcher Wildbäche bilden einen conischen, abgeplatteten Hügel, der an die Fels-

wände angelehnt ist, und auf dessen Höhenkamm der Wildbach in einem äusserst seichten Bett nach dem Thale hinläuft. Nach beiden Seiten hin rieseln kleinere Zweige des auf der First verlaufenden Baches, so dass das Ganze einem Fächer gleicht, der mit seiner in die Höhe gerichteten Spitze an die Ausmündungsstelle des Wildbaches angelagert ist. Die Gefälle dieser Deltas, welche aus regellosen Anhäufungen von Trümmern aller Art bestehen, sind meistens sehr bedeutend, am stärksten in der Höhe, während sie nach unten hin allmälig sich abflachen und mit ihrem Fusse beim Uebergange in die Thalsohle einen unbedeutenden Winkel gegen diese letztere bilden. Die Gestalt dieser Deltas, welche durch die plötzliche Erweiterung des Bettes bei dem Eintritt in das Hauptthal bedingt ist, trägt wesentlich zu den Verheerungen bei, welche diese Wildbäche bei Ueberschwemmungen anrichten. Auf der Höhe eines conischen Hügels verlaufend, in einem kaum vertieften Bette, können sie nach allen Seiten hin überfluthen und um so weniger eingedämmt werden, als das Delta selbst keinen festen Grund für solche Dämme bietet. In vielen Fällen können die Aelpler nur dadurch verheerenden Ueberschwemmungen ausweichen, dass sie das Delta, welches öfters mehre tausend Meter breit ist, in einiger Entfernung mit Dämmen oder Mauern umgehen, und so dem Wildbache bei vorkommenden Ueberschwemmungen eine mässige Ausdehnung gestatten.

§. 994. In naher Beziehung zu diesen Deltas der Wildbäche stehen die mannigfachen Schuttkegel und Schutthalden, welche man in allen Gebirgsgegenden antrifft, und zwar überall an solchen Stellen, wo tief eingeschnittene Schluchten oder Runsen in die Thäler einmünden (Fig. 827).

Fig. 827.

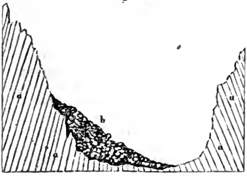


Ansicht eines Schuttkegels, dessen Materialien aus der Schlucht einer senkrechten Alpenthalwand hervorgedrungen sind.

Der gewundene Lauf mancher Bergströme in ihren Hauptthälern rührt oft nur daher, dass bald von rechts, bald von links aus Seitenrunsen

Schuttkegel hervorbrechen, um deren halbkreisförmigen Fuss sich die Flüsse herumwinden. Oft sind die Schuttkegel einzig das Resultat von Felsstürzen oder Lawinen, welche durch die Schluchten herabkommen, meist aber verdanken sie ihre Entstehnng temporären Wildbächen, welche im Frühjahr zur Zeit der Schneeschmelze über die Felswände hinabstürzen, bei gewaltigen Regengüssen zuweilen anschwellen, sonst aber meistens versiegen und ihr Bett trocken lassen. Die Böschung solcher Schnttkegel wechselt sehr, je nach der Grösse nnd Gestalt der Gerölle, welche sie zusammensetzen. Da, wo die Felsmassen bei ihrer Verwitterung nur feinen Sand oder Kies bilden, sind die Böschungswinkel auch nur sehr unbedeutend, während sie im Gegentheil bei groben, eckigen Materialien bedeutend zunehmen und bis zu 45 Grad Neigung erreichen können. Fig. 828 giebt den idealen Dnrschnitt eines solchen Schuttkegels, der ebenso gut das Delta eines Wildbaches sein könnte, und wo man sehr wohl bemerkt, wie der Fuss allmälig mit geringerer Böschung in die Thalsohle übergeht. Die nachstehende Tabelle giebt das Maass der Neigungen, welche solche Sturzböschnngen (*talus d'éboulement*) annehmen, nach Elie de Beaumont's Messungen.

Fig. 828.



Durchschnitt eines Schuttkegels.

a Anstehende Felsmassen. *b* Schuttkegel.

§. 995.

	Neigung in Sexagesimalgraden.	Neigung auf den Meter.
Schuttkegel des Wildbaches Arbonne bei St. Manrice in der Tarentaise	5°00′	0,0857
Schuttkegel, auf welchen das Dorf Telfs in Tyrol, im Innthale gebaut ist . . .	5	0,0875
Schuttkegel des Dorfes Leinach, im Möhlthale (Kärnthen)	5	0,0875
Schuttkegel des Kantzbaches, nnter Flauerling bei Platten im Innthale	6	0,1051
Schnttkegel eines Seitenbaches, der bei Tragant in die Möhl fällt (Kärnthen)	6	0,1051

	Neigung in Sexagesimalgraden.	Neigung auf den Meter.
Schuttkegel des Pfynhaches, der die Rhone his nach Wesen nnd Leuk zurückstaut (Wallis)	7—8°00′	0,1228—0,1405
Schnttkegel von Haising im Pusterthale (Tyrol).	8	0,1405
Schnttkegel im Möhlthale (Kärnthen), auf welchen das Dorf Stoll gebaut ist . . .	9	0,1584
Schuttkegel üher dem Dorfe Glurns (Etschthal in Tyrol)	10	0,1763
Schuttkegel eines Seitenhaches, der bei Outre-Rhone oherhalb Saint Maurice (Wallis) auf dem rechten Rhone-Ufer ist	10—12	0,1763—0,2126
Vulcanische Asche an der Spitze des Monte-Nuovo nnd an seinem Abhange nach Pnzzuoli	18	0,3249
Südabhang des Mosenherges in der Eifel .	18	0,3249
Feine Lapillis bei der *Casa inglese* nach dem Val del Bove hinab (Aetna) . . .	23	0,4245
Schnthalden am Fnsse von Abhängen südwestlich von Stern (Ahtey-Thal in Tyrol)	28	0,5317
Schutthalden bei Outre-Rhone, oberhalb St. Maurice (Wallis)	30	0,5774
Schutthalde nördlich von Stuben im Kloster-Thal (Tyrol)	31	0,6009
Sehr lange Schntthalden an einem Risse östlich am Langkofel (Tyrol)	32	0,6249
Schuttkegel in einer Runse rechts von der Chaussee von Morey nach les Ronsses (Jura)	33	0,6494
Schutthalde aus kleinen Trümmern, mit Gesträuch bewachsen, auf dem linken Möhl-Ufer, oherhalh Tragant	35	0,7002
Schntthalden aus körnigem Kalk an dem nördlichen Ufer des Thales Delle Salle (Fassathal in Tyrol)	37	0,7536
Schutthalde im Trachyt-Steinbruch an der Wolkenburg im Siehengebirge bei Bonn	37	0,7536
Schntthalde der Solenhofer Steinbrüche (Maximnm)	39	0,8098
Schutthalde der Mine von Eisenspath im Talkschiefer hei Schwatz (Tyrol) . . .	40	0,8391

Die feineren Bestandtheile, Sand und Schlamm, werden je nach §. 996.
Verhältniss der Schnelligkeit des Stromes mehr oder minder weit schwebend oder schwimmend fortgeführt, während die schwereren, festeren und grösseren Bruchstücke nur auf dem Boden der Gewässer fortgerollt werden oder gänzlich liegen bleiben. Die specifische Schwere der meisten Gesteine wechselt zwischen 2,0 und 2,9, diejenige des reinen destillirten Wassers gleich 1 gesetzt. Kreide, Oolithe, Sandsteine, und vulcanische Laven sind im Allgemeinen weit leichter, als dichte Basalte, krystallinische Kalke, Porphyre, Granite und Hypersthenfelsen, die indessen alle innerhalb der angegebenen Grenzen sich verhalten. Die Gesteine verlieren demnach im Wasser oft bis zur Hälfte des Gewichtes, welches sie an der Luft besitzen, und es bedarf somit auch nur einer weit geringeren Kraft, um sie auf dem Grunde des Wassers weiter zu bewegen. Indess schlägt man doch diese bewegende Kraft weit bedeutender an, als sie wirklich ist. Die Wildbäche werden oft durch heftige Regengüsse, durch Erdschlipfe und ähnliche Ereignisse so geschwellt und dergestalt mit aufgeschwemmten Massen überladen, dass sie wie gewaltige Schlammströme in die Thäler vorbrechen, ungeheure Massen von Felströmmern mit sich führend. Allein selbst bei den furchtbarsten Schlammströmen, von welchen man geschichtliche Nachrichten hat, z. B. bei der verheerenden Fluth des Bagne-Thales im Jahre 1818, die durch den Sturz des Gétrozgletschers bedingt wurde, selbst bei diesen und ähnlichen Fluthen ist noch nie ein grösserer Felsblock durch eine Thalerweiterung hindurchgeführt worden, sondern die Fluth riss nur in den Verengerungen ab und liess die grösseren Blöcke in der nächsten Thalerweiterung liegen, wo ihre Kraft abnahm. Die Bewegungskraft des Wassers für abgerundete Gerölle ist zu bestimmen versucht worden, und man hat gefunden, dass sie auf dem Grunde eines Stromes widerstehen und unbeweglich liegen bleiben bei folgenden Geschwindigkeiten. Feiner Schlamm bei 3 Zoll Geschwindigkeit; feiner Sand bei 6 Zoll; grober und eckiger Sand bei 8 Zoll; abgerundete, gerollte Kiesel von 1 Zoll Durchmesser bei 2 Fuss Geschwindigkeit, endlich eckige, eigrosse Kiesel bei 3 Fuss Stromgeschwindigkeit.

Durch das beständige Rollen und Aneinanderreiben dieser Frag- §. 997.
mente aber werden ihre scharfen Ecken und Kanten abgenutzt, gerundet und so eine eigenthümliche Form dieser Gerölle oder Rollsteine hervorgebracht, welche Jedermann bekannt ist. Von der ursprünglichen Form der Fragmente hängt es ab, ob diese mehr kugelig, eiförmig oder abgeplattet erscheinen; stets aber bemerkt man an ihnen abgerundete Ecken und Kanten und abgenutzte, rauhe Flächen. Ein wesentlicher Charakter dieser vom Wasser hervorgebrachten Rollsteine beruht darin, dass die abgeschliffenen Flächen nie vollkommen spiegelglatt sind, wie die durch andere Agentien, z. B. Gletscher, hervorgebrachten

Rollsteine, sondern stets eine gewisse Mattigkeit nnd Rauhigkeit zeigen, welche von dem Korne des Gesteines abhängt; sowie ferner, dass nie geradlinige Ritzen oder Streifen darauf vorkommen, welche eine bestimmte, lange fortgesetzte Richtung der abnutzenden Kraft beweisen.

Es ist leicht, sich durch directe Beobachtung von der stets fortdauernden Abnutzung der Gerölle auf dem Boden des Wassers zu überzeugen. Beim Tauchen auf dem Flussgrunde, z. B. im Rheine, hört man beständig das knisternde Reiben der bewegten Kiesel; in stärker strömenden Gewässern ist es so stark, dass man es selbst an der Oberfläche wie ein stetiges Brausen vernimmt. In den Alpenbächen, deren Quellen und Anfänge mit eckigen Fragmenten erfüllt sind, findet man eine kurze Strecke unterhalb schon die Kanten abgenutzt, noch tiefer eine rundliche Form hergestellt; in den Flüssen, welche auf langem Laufe von den Gebirgen her durch die Ebene ziehen, sieht man die Grösse der Gerölle beständig abnehmen; ein Beweis, dass diese Abnutzung stets fortdauert. So sind im oberen Laufe des Rheines Gerölle von der Grösse eines Kinderkopfes keine Seltenheit, während man in der Nähe von Köln nur selten ein faustgrosses Stück und in Holland nur feinen Sand und Schlamm sieht.

§. 998. Eine natürliche Folge der Fortbewegung der Gerölle, sowie der feineren Sandtheile ist deren Absetzung aller Orten, wo der Lauf des Flusses sich verlangsamt und somit demselben die nöthige Kraft fehlt, dieselben weiter zn schaffen. Die Ablagerung der Gerölle im Bette von Flüssen, welche aus den Gebirgen in die Ebene treten, worin die Neigung ihres Bettes weit geringer wird, ist demnach ein allgemeines Gesetz, und in Folge dieser Ablagerung erhöht sich beständig das Flussbett im Verhältniss zn der Menge der angeschwemmten Gerölle. In allen Flachländern beobachtet man daher eine stete Versandung der Flussbetten und somit eine Verminderung des Raumes, welchen das Bett bietet. Ist dieses tief eingeschnitten, so erhebt sich allmälig der Wasserspiegel und bei stärkerem Anschwellen des Flusses überströmt dann dieser nm so leichter seine Ufer, je mehr sich sein Bett versandet. Kommt nnn eine heftigere Flnth, so bricht an einem oder anderem Orte, wo das Terrain leichter sich einschneidet, der Fluss durch, gräbt sich ein neues Bett nnd lässt das alte entweder als Nebencanal oder sogar ganz trocken znrück.

§. 999. In bewohnten Ebenen, wo die Ueberschwemmungen nachtheilig sein können, musste man von alten Zeiten her schon darauf denken, die Ufer dieser sich versandenden Flussbetten einzudämmen, zu erhöhen und so der Möglichkeit verheerender Ueberschwemmungen entgegenznwirken. Wenn man aber auch schon längst dabei die Methode befolgt, dass man bei niederem Wasserstande das Bett ausgräbt nnd das

so gewonnene Material zur Erhöhung der Seitendämme benutzt, so steht dennoch diese Aushöhlung selten im Verhältniss zu der Masse des angeschwemmten Gerölles, und so kommt es denn, dass bei steter Erhöhung des Flussgrundes und beständiger proportioneller Aufschüttung der Dämme die Flussbetten allmälig weit über das Niveau der umliegenden Gegenden sich erheben. Ein frappantes Beispiel dieses Resultates des Ankämpfens gegen die Versandung der Flussbetten und die Ueberschwemmungen zeigt der Lauf des Po, der so sehr über die ihn umgebenden Ebenen erhaben ist, dass die Stadt Ferrara weit unter seinem Wasserspiegel liegt und sogar der Grund des Flussbettes mehre Meter höher ist als der Boden der Stadt. Man kann demnach mit Fug und Recht behaupten, dass der Po auf dem Rücken eines langen Dammes läuft, welcher durch die lombardische Ebene sich hinzieht.

Da das Meer stets dasselbe Niveau besitzt, so muss das Niveau eines Flusses, der sich in dasselbe ergiesst und den man eingedämmt hat, nothwendig eine gewisse Erhebung in einiger Entfernung besitzen, um zur Zeit des höheren Wasserstandes die grössere Wassermenge, welche er führt, in das Meer ergiessen zu können. Verlängert ein Fluss seinen Lauf durch Ansatz eines Deltas in dem Becken, in welches er sich ergiesst, so muss sich in demselben Verhältniss, als sich dies Delta verlängert, auch das Flussbett erhöhen. Im entgegengesetzten Falle behielte der Fluss nicht denselben Fall; wenn die Basis, auf welcher er sich fortbewegt, sich verlängert, so muss sich dieselbe entsprechend erhöhen, um denselben Winkel beizubehalten. Sobald daher das Delta eines Flusses sich verlängert und dadurch sein Fall und seine Geschwindigkeit abnehmen, so setzt er mehr Gerölle ab, als er vorher bei grösserer Geschwindigkeit absetzte; eine natürliche Folge dieses Absatzes ist dann die Erhöhnng seines Bettes und somit die Herstellung der früheren Fallneigung und Geschwindigkeit. Es ist somit in diesen verschiedenen Elementen selbst ein wechselseitiges Verhältniss gesetzt, wodurch dieselben sich stets in einem gewissen Gleichgewicht erhalten. §. 1000.

Es wurde schon bemerkt, dass die Erhöhung der Flussbetten durch den mechanischen Niederschlag der Gerölle nothwendig bei uneingedämmten, der Natur überlassenen Flüssen von Zeit zu Zeit eine Veränderung ihres Laufes herbeiführen müsse, indem die Ufer bei grösseren Ueberschwemmungen durchbrochen werden und der Fluss, in tieferes Niveau herabstürzend, sich ein neues Bett ausgräbt. So entsteht dann eine gabelförmige Theilung des vorher einfachen Laufes, und bei mehrfacher Wiederholung derselben Erscheinung entsteht daraus jene Form der Flussmündungen, die man, ihrer Aehnlichkeit mit dem griechischen Buchstaben wegen, **Delta** genannt hat. Die meisten dieser §. 1001.

Deltas finden sich bei den Ausmündungen der Flüsse in Seen und Meere, und man hat jetzt den anfangs nur auf die Nilmündungen angewandten Ausdruck in der Art ausgedehnt, dass man darunter alle Anhänfungen von Geröllen und Anschwemmungen versteht, welche von Flüssen bei ibrer Ausmündung in grössere Becken abgesetzt werden, möge nnn die Form und Zusammensetzung dieser Anschwemmnngen noch so sehr wechseln.

§. 1002. Die Deltas der Flüsse, welcbe sich in Seen ergiessen, bieten die einfachsten Verhältnisse dar, da diese Behälter meist als ruhend angesehen werden können und nicht durch eigene Bewegung, wie das Meer durch Ebbe und Fluth, störend anf die Erscheinung einwirken. Die meisten Flüsse der Hochgebirge, besonders der Alpen, ergiessen sicb in solche Binnenseen, und die Existenz dieser Behälter ist auch in Beziehung anf die Verhältnisse, welche uns beschäftigen, eine wesentliche Wohlthat für die Bewohner der Gebirgsländer und der daran grenzenden Ebenen. Die den Alpen entströmenden Flüsse führen verhältnissmässig eine ungeheure Menge von aufgeschwemmtem Material nnd von Geröllen mit sich, welche hei der starken Neigung ihres Bettes und der Geschwindigkeit ihres Lanfes bis weit in die Ebene hinausgeführt werden und dort, durcb Versandnng der Betten, die grössten Ueberschwemmnngen bewirken würden, wenn nicht die Seebecken in ihrem Laufe sicb fänden, in welchen die Gerölle abgesetzt, der Schlamm und Sand aufgehalten und niedergescblagen werden, und so dem Strome nur diejenigen Gerölle bleiben, welche er auf dem weiteren Verfolge seines Laufes durch die Ebene losreisst. Der Genfersee für die Rhone, der Brienzer- und Thunersee für die Aar, der Vierwaldstättersee für die Reuss, der Bodensee für den Rhein sind solche grosse Abklärungsbecken, in welchen die genannten Alpenströme ihre Geschiebe, Gerölle, Sand- und Schlammanhäufungen absetzen. Alpenströme, welche keine Seen durchsetzen, wie der Po, zeigen deshalb auch die Erscheinungen der Versandung und Erhöhung der Flussbetten, der Deltabildnng an der Ausmündung nnd der Ueberschwemmungen weit ausgebildeter als z. B. der Rhein, und auch hier würde das holländische Delta weit geringer sein, wenn nicht der Rhein, wie die Rhone, nach dem Austritte aus dem Seebecken auf langem Lanfe gewaltige Ablagerungen älterer Geschiebe durchschnitte, aus welchen er von Neuem mit Geröllen und mobilerem Material versehen wird. Nur allein aus dem Anwachsen des aus gröberem Material gebildeteu Einmündungsdeltas könnte man auf die Menge der Gerölle schliessen, welche ein solcher Alpenstrom jährlich aus den Gebirgen herbeiführt nnd in dem See absetzt; von der Sand- und Schlammmenge, welcbe er ablagert, kann man sicb einen Begriff machen, wenn man bedenkt, dass das Wasser vollkommen klar bei dem Ausflusse aus dem Thunersee ist und keine Spur von Sand

und Schlamm auf dem Filter zurücklässt, während die Aar bei ihrem Austritte aus dem Gletscher in dem Monate August täglich 284370 Kilogramm aufgeschwemmten Sandes und Schlammes mit sich führt und bei ihrem Eintritte in den Brienzersee weite Wolken trüben Wassers bildet. Die Beobachtung kleiner Lachen und Tümpel, in welche sich ein trüber Bach ergiesst, kann schon über die Verhältnisse, welche sich im Grossen in der Natur wiederholen, einige Auskunft geben. In Fig. 829 sei *a* eine solche Lache, in welche ein Bach *b* Sand und Schlamm führt. Der Bach wird allmälig in der Lache bei *c* den Sand und den Schlamm anhäufen, und diese Anhäufung wird gewissermassen wellenförmig in fortschreitenden Linien zunehmen. Man könnte glauben, dass die Schichten, welche sich in ruhiger Wassermasse ablagern, eine horizontale Lagerung haben müssten. Dies ist indessen durchaus nicht der Fall. Ein Durchschnitt der Lache würde etwa folgende Anordnung bieten: *a*, Fig. 830, sei das Niveau der Lache, *bd* die Linie der Bodenneigung, *c* die abgelagerten Schichten von Sand und Schlamm, die gewöhnlich je nach der specifischen Schwere und der Grösse der angehäuften Materialien einen Winkel von 28 — 30° bilden, indem die Triebkraft des strömenden Baches die Sandkörner etwa in der nämlichen Weise aufschichtet, wie in einem Schuttkegel. Es findet deshalb in ruhigen Gewässern trotz der Horizontalität der Oberfläche eine ähnliche Schichtung in geneigten Böschungswinkeln Statt, wie in den Ablagerungen der Ströme, und wenn mehre Bäche oder Flüsse, die zu verschiedenen Zeiten verschieden grosse Massen von Material herheiführen, in ein gemeinschaftliches Becken fliessen, so kann auf dem Boden desselben eine verworrene abweichende Schichtung erzeugt werden, die leicht irrthümliche Schlüsse in Beziehung auf ihre Entstehung veranlassen kann. In der Fig. 831 sei der Grundriss eines Sees dargestellt, in welchen ein Hauptstrom *c* fliesst, der beständig Sand und feinere Theile mit sich führt, während *d* und *e* zwei Sturzbäche sein mögen, die nur zuweilen in Folge heftiger Regengüsse Material in

Fig. 829.

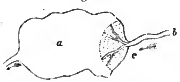
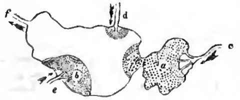


Fig. 830.



Fig. 831.



den See führen. Das Delta *a* des Flusses *c* wird in ziemlich regelmässiger Weise wachsen und Schichten von etwa 20° Neigung bilden, da seine Materialien feiner sind, während das Delta *b* und das von *d* stärkere Schichtungsneigungen darbietet. Sobald nun die Ablagerungen so weit fortgeschritten sind, dass die drei Deltas sich an ihrer Basis erreichen, so wird es nicht selten vorkommen, dass nur auf dem einen Ufer ein heftiger Gewitterregen fällt, der dem Delta des von dorther strömenden Baches eine bedeutende Masse von Materialien zuführt; so werden dann bald die von der rechten, bald die von der linken Seite herzugeführten Materialien über das Delta des Flusses *c* hinübergreifen und dort wechselnde Schichtenfolgen erzeugt werden, von denen die einen von Ost nach West, die anderen von Süd nach Nord, die dritten von Nord nach Süd einfallen.

Man hat Verhältnisse dieser Art nicht selten an trocken gelegten Seebetten beobachtet. Ein ausgezeichnetes Beispiel bildet das unter dem Seewasser abgesetzte Delta des Dundelsbaches, welches durch die Tieferlegung des Lungernsees trocken gelegt wurde und etwa 13 Meter Höhe hat. Es besteht aus Bänken feineren und gröberen Kieses, die mit etwa 35° abfallen, grössere flache Geschiebe folgen mit ihrer breiten Fläche der geneigten Schichtung, sowie auch ein bei 6 Zoll mächtiges Lager von platt gedrücktem bituminösem Holz und Blättern. Die Mächtigkeit der zum Theil nur wenige Zolle dicken Geschiebelager ist, ungeachtet der starken Neigung, in der Tiefe nicht grösser als an ihrer oberen Biegung, während Schlammlager, die an ihren unteren Theil sich anlegen, schnell an Mächtigkeit zunehmen, dann sich horizontal umbiegen und den Seeboden bilden.

§. 1003. Das Delta, welches die Rhone bei ihrer Einmündung in den Genfersee bei Villeneuve gebildet hat, besitzt eine ziemliche Grösse. Der Grund des Sees und seine Tiefe sind sehr wechselnd, doch hat er in der Mitte meist zwischen 120 und 160 Klaftern Tiefe, und etwa drei Viertelstunden von der Einmündung bemerkt man an der allmäligen Erhebung des Bodens den Beginn des Deltas. Von einer Tiefe von 600 Fuss an, Vevey gegenüber, bringt das Senkblei schon Flussschlamm zu Tage. Die ganze Länge des Deltas mag etwa $^2/_3$ bis $^3/_4$ Stunden betragen, seine Dicke, welche allmälig abnimmt, im höchsten Falle 800 — 900 Fuss; sein Abfall ist demnach so gering, dass man seine Schichten für horizontal ansehen könnte. Dies dürfte um so mehr für die Schichten im Ganzen der Fall sein, als die Schichten wohl gegen die Flussmündung hin an Dicke zunehmen, da dieser die schwereren Geschiebe hier sogleich fallen lässt, während der feinere Schlamm weiter fortgeführt wird. Ebenso ist es sehr wahrscheinlich, dass das ganze Delta aus abwechselnden Schichten gröberer Geschiebe und feineren Sandes besteht; denn in den Monaten Mai bis Juli, während welcher

die Rhone durch das Schmelzen des Schnees ungemein anschwillt und weit mehr Wasser zuführt, schwemmt der Fluss auch weit mehr gröbere Geschiebe mit sich, die er, bei seiner stärkeren Bewegungskraft, auch weiter in das Delta hinein schleudert als bei niedrigem Wasserstande, wo seine Bewegungskraft weit geringer ist. Es würde demnach im Delta durchschnittlich jedes Jahr durch eine Schicht gröbere Gerölle, auf welche eine feinere Schicht folgte, bezeichnet sein. Die übrigen Deltas, welche sich an den Einmündungen der verschiedenen Sturzbäche in den Genfersee bilden, haben natürlich nicht diese Ausdehnung und auch eine verhältnissmässig weit stärkere Neigung, da sie bei kleinerer Bewegungskraft ihre Anschwemmungen nicht auf eine so grosse Fläche vertheilen können.

Das Delta, welches die Aar beim Einströmen in den Brienzersee §. 1004.
bildet, ist auf das Genaueste untersucht und gemessen worden. Der Fluss selbst entspringt in einer Entfernung von fünf Stunden etwa aus den Gletschern der oberen und unteren Aar, und gelangt nach mehren terrassenförmigen Absätzen in das untere Haslithal, dessen Boden gänzlich mit fast horizontalen Geröllen und Torf erfüllt ist. Beim Eintritt in den Brienzersee bildet der Fluss zwei Arme, die durch ein kleines Delta von einander getrennt sind. Dieses Delta setzt sich in ein vom Wasser bedecktes Delta fort, das aus feinem Kieselsande gebildet ist, der mit dem Wasser einen schwärzlichen Schlamm bildet. Derselbe Schlamm ist über den ganzen Boden des Brienzersees ausgebreitet und kommt offenbar hauptsächlich von den schwärzlichen zerriebenen Glimmerschiefern her, welche an dem Ursprunge der Aar in grossen Massen anstehen. Das Delta selbst erstreckt sich etwa 1100 bis 1200 Meter weit in den See hinein und hat im Anfange seiner Gehänge einen Fall von 30 Graden; je tiefer man aber vorschreitet, desto geringer wird dieser Winkel, der in 300 Metern Entfernung nur noch 20 Grade beträgt und sich allmälig an den fast horizontalen Boden des Sees anschmiegt. Es geht mithin aus dieser Beobachtung hervor, dass ein im Wasser abgesetztes Delta nicht überall gleichen Fall hat und sich

Fig. 832.

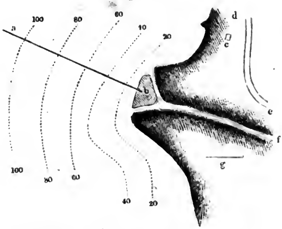


Profil des Aardeltas nach der Linie *a b*.

allmälig mehr und mehr der horizontalen Linie nähert, wie dies das beigefügte Profil (Fig. 832) lehrt. Auf der Karte (Fig. 833 a. f. S.)

sind durch punktirte Linien die Horizontalen von 20 zu 20 Metern Tiefe angemerkt.

Fig. 833.



Karte des Aardeltas beim Einflusse in den Brienzersee.
a b Linie des Profils Fig. 833. *c* Kienholz. *d e* Weg von Brienz nach Meyringen. *f* Aarfluss. *g* Maassstab von 100 Metern.

§. 1005. Alle Ablagerungen dieser Art, welche theils in Flüssen, theils in Süsswasserseen sich bilden, hat man unter dem Namen Süsswasserablagerungen (*depôts d'eau douce*) oder Fluvioterrestre-Ablagerungen zusammengefasst. Ihr wesentlicher Charakter besteht in der Abwechslung von Sand-, Grus- und Thonschichten, deren Schichtung um so verworrener ist, je grösser die treibende Kraft war, unter deren Einfluss sie sich absetzten und zwischen denen sich Lager von Blättern, Zweigen, Land- und Süsswasserthieren aller Art finden. Es sind nicht bloss die Thiere, welche in Flüssen und Seen leben, wie z. B. Fische, Amphibien, Reptilien, Schnecken, Muscheln u. s. w., die dort auch ihr Grab finden; — es werden auch ausserdem durch Ueberschwemmung und andere Zufälligkeiten Landpflanzen und Landthiere in Menge durch Flüsse und Bäche fortgeführt und an geeigneten Orten abgelagert. Es ist eine bekannte Thatsache, dass die meisten reissenden Thiere, welche ihre Beute überraschen, ihr Versteck in der Nähe solcher Orte wählen, wo die Grasfresser zum Trinken kommen; und man hat mit Recht darauf aufmerksam gemacht, dass die grösseren Wasserraubthiere, wie z. B. Krokodile, ebenfalls diesen Augenblick benutzen, um Landthiere zu fassen und in das Wasser herab zu ziehen. Ebenso liegt es auf flacher Hand, dass bei grösseren Zerstörungen durch Ueberschwemmungen, Orkane u. s. w. eine Menge von Landthieren in dem Absatze

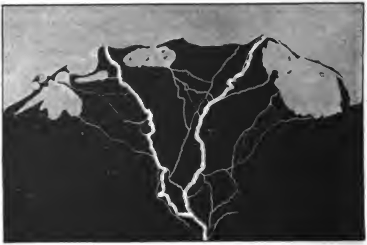
solcher süssen Gewässer ihr Grab finden und mit den eigentlichen Bewohnern derselben gemengt werden.

Die Deltas der grösseren Flüsse, welche sich beim Ausmünden in das Meer bilden, verdienen schon um ihrer Grösse willen eine ganz besondere Berücksichtigung. Man kann unter dem Namen der Niederlande alle diejenigen Länder bezeichnen, welche nur durch die Anschwemmungen der Flüsse gebildet sind, wie Holland, Niederägypten, die baltischen Niederlande etc. Es tritt bei der Bildung dieser Deltas ein eigenthümliches Wechselverhältniss zwischen dem Flusse einerseits und dem Meere andererseits ein, und die Uferbildungen, welche das Meer an anderen Stellen hervorruft, dienen wesentlich zur Beförderung und Umbildung der Deltas. Am meisten nähern sich noch die in Binnenmeeren abgesetzten Deltas denjenigen, welche in Süsswasserseen sich bilden, da der Einfluss der Ebbe und Fluth hier von weit geringerer Bedeutung ist. Die Ablagerungen in Meeren ohne Ebbe und Fluth würden gar keinen Unterschied von denen in grösseren Seen darbieten, wenn nicht die specifische Schwere des Meerwassers einen solchen mit sich brächte. In der That sind die Flusswasser, selbst wenn sie getrübt sind, noch immer bei Weitem leichter als das Meerwasser, und gleiten so gewissermaassen beim Ausfliessen in das Meer auf dem schweren Meerwasser hin, so dass die von ihnen mitgeführten Geschiebestoffe in bedeutend grössere Entfernung verführt werden und weit allmäliger auf den Boden sich niederschlagen. Man findet deshalb noch in sehr weiter Entfernung von der Ausmündung grösserer Flüsse eine Schicht trüben, süsseren Flusswassers an der Oberfläche des Meeres, und noch in einer Entfernung von 50 deutschen Meilen von der Mündung des Amazonenstromes findet man eine etwa 40 Meter tiefe leichtere Wasserschicht von 1,0204 specifischem Gewicht an der Oberfläche des Meerwassers, dessen specifisches Gewicht 1,0262 beträgt. Wenn so indessen eine Verschiedenheit hergestellt wird, so wird auf der anderen Seite wieder eine grössere Aehnlichkeit an solchen Deltas hergestellt, wo durch die Uferwälle des Meeres eine Lagune von diesem abgeschlossen wird, die nur einige Durchbrüche in das Meer zeigt. Das Delta des Nils ist, wie dasjenige des Po, der Rhone und der Donau in diesem Falle, und es mag zweckmässig erscheinen, hier das erstere als erläuterndes Beispiel der Deltabildung zu betrachten, um so mehr, als die regelmässige Periodicität der Erscheinungen, sowie die Kenntniss derselben aus den ältesten Zeiten her manche Fragen entscheiden können, welche bei weniger vollständigen Documenten im Zweifel bleiben müssten. §. 1006.

Das Delta des Nils (s. Taf. II. Fig. 627) bildet eine vollkommen horizontale Ebene von dreieckiger Gestalt, die von Canälen und §. 1007.

Armen nach allen Richtungen hin durchschnitten ist und nur hier und da einige künstliche Erhöhungen und schmale Dämme zeigt, auf welchen während der Ueberschwemmungen die Bewohner mit einander communiciren können. Das Nilthal selbst, als dessen Ausmündung sich das Delta darstellt, ist bis gegen Kairo hin sehr schmal und auf beiden

Fig. 834.



Jetziger Lauf des Nils innerhalb des Deltas.

Seiten von nackten Bergketten eingeschlossen, welche bei Kairo, nach Ost und West hin abschweifend, einen dreieckigen Raum öffnen, dessen innerer Winkel etwa 140 Grade beträgt. Das ganze Delta nimmt einen Flächenraum von etwa 400 deutschen Quadratmeilen (22194 Quadrat-Kilometern) ein und ist gegen das Meer hin von einer Reihe sandiger Erhabenheiten begrenzt, welche einen fortlaufenden gekrümmten Damm bilden, der selbst bei den stärksten Ueberschwemmungen hervorragt und sieben Einschnitte zeigt, durch welche das Wasser des Nils sich in das Meer ergiesst. Hinter diesem Uferwall, dessen Länge in gerader Linie etwa 137 Kilometer beträgt, befinden sich mehre grosse Lagunen oder Seen, die etwa 4300 Quadrat-Kilometer einnehmen mögen, wodurch dann für das Delta etwa 18800 Quadrat-Kilometer zum Ackerbau geeigneten Landes übrigbleiben mögen.

§. 1008. Der Nil bildet jetzt zwei Hauptarme, von welchen der westliche, der von Rosette, der bedeutendste ist, indem er nahe bei der Ausmündung etwa 600 Meter Breite und 1,6 Meter Tiefe hat, während der östliche Arm, der von Damiette, nur 300 Meter Breite und 2,5 Meter Tiefe bei niederem Wasserstande hat. Im Alterthume waren diese bei-

den Mündungen äusserst unbedeutend, und die von Rosette unter dem Namen der bolbitischen, die von Damiette als die phatnitische oder bucolische bekannt; während im Gegentheile die Mündung von Canope, die westlichste von allen (mit *d* auf der Karte bezeichnet), die sebennytische (jetzt Mündung von Burlos, *e* anf der Karte) und die pelusische (jetzt Mündung von Fynch, *i* auf der Karte) die schiffbaren Hauptmündnngen bildeten. Von allen jetzigen Zweigen des Nils sind es aber nur die genannten beiden Hauptarme von Rosette und Damiette, welche in die See selbst einmünden; alle übrigen ergiessen sich in die erwähnten Lagunen, die durch den Uferwall von dem Meere geschieden sind, und von welchen der See Mareotis im Westen hinter Alexandrien (*a* auf der Karte), der See Burlos, etwa in der Mitte des Deltas (*b* auf der Karte) und der See Mansalek im Osten (*c* auf der Karte) die bedeutendsten sind. In den letzteren münden die vier östlichen Oeffnungen, in den See Burlos der früher bedeutendste Arm, und in den See Mareotis die canopesche Oeffnung. Fasst man den Begriff des Deltas enger als den zwischen den Hauptströmen gelegenen Theil Landes, so hat sich das Delta seit dem Alterthume bedeutend verkleinert, indem damals die jetzt versiegten pelusischen und canopeschen Zweige sehr bedentend waren und das ganze, den Ueberschwemmungen ausgesetzte Land zwischen sich fassten, während jetzt die Zweige von Rosette und Damiette einen weit geringeren Flächenraum in sich schliessen und auch ihre gabelförmige Theilung weit mehr gegen das Meer hin vorgerückt ist, als diejenige der alten Arme, welche bei Kairo statthatte.

Die periodischen Ueberschwemmungen, welche das Wachsen des Nils verursacht, verbreiten sich über das ganze Plateau des Deltas, auf welchem sie alljährlich eine neue Schlammschicht absetzen. Dieser feine Schlamm oder Lehm wird beim Trocknen sehr fest und hart; sein Bruch ist erdig; er klebt etwas an der Zunge, schwemmt sich im Wasser auf, sieht etwas braunroth aus und fühlt sich seifenartig an. Er lässt sich mit Wasser zu einem Teige kneten, enthält beinahe die Hälfte seines Gewichtes Kieselerde, 24 Procent Thonerde und 13 Procent Eisenoxyd, nebst 3 Procent organischer Materie, die ihm zum Theil seine eigenthümliche fruchtbare Beschaffenheit ertheilt. Das ganze Delta besteht bis in eine Tiefe von 14 und 15 Metern aus horizontalen Schichten dieses festgewordenen Schlammes, der bei dem Trocknen tiefe Risse wirft, untermischt mit Schichten feinen Sandes, welche besonders in der Nähe des Nils selbst bedeutender zu sein scheinen. Bis in die tiefsten Schichten enthält der Absatz Knochen von Hausthieren (Ochsen, Schweinen, Eseln, Kamelen, Hunden) und Landschnecken, die jetzt noch leben. In einem 60 Fuss tiefen Bohrloche bei Memphis fanden sich Stücken gebrannter Ziegel und Töpfe, was §. 1009.

das Alter derselben auf wenigstens 12 000 Jahre berechnen lässt. Wahrscheinlich ruht der ganze Schlamm des Deltas auf einer Sandschicht, die von dem Meere angeschwemmt war und allmälig von dem Schlamme überdeckt wurde; wenigstens findet man im Osten von Kairo, an dem Fusse der lybischen Hügelkette, welche das Nilthal einschliesst, in einer Tiefe von mehren Metern den Boden aus grobem Sande gebildet, der alle Charaktere eines vom Meere abgelagerten Dünensandes trägt.

Da die Gewässer des Nils beim Anschwellen des Flusses und bei der Ueberschwemmung sich auf einer stets breiter werdenden Fläche ausdehnen, so muss natürlich die Tiefe des Wassers um so mehr abnehmen, je mehr man sich dem Meere nähert. In der That steigt das Wasser im Mittel bei Kairo auf 7 bis 8 Meter, während bei Rosette und Damiette es im Mittel nur auf einen Meter ansteigt. In der Nähe des Meeres wechselt indess das Verhältniss des Ansteigens je nach der Höhe des Meerwassers; denn da die Neigung des Flussbettes im Ganzen nur etwa einen Fuss auf die Stunde Erstreckung beträgt, so stauen die Winde aus Norden, welche die Meereswellen gegen die Mündungen andrängen, das ausfliessende Nilwasser zu bedeutenderer Höhe an.

§. 1010. Eine natürliche Folge der geringeren Tiefe des Wassers gegen das Meer hin ist auch der geringere Absatz von Schlamm. Nach neueren Berechnungen beträgt die Erhöhung des Nilthales oberhalb Kairo etwa 126 Millimeter während hundert Jahren; in dem Delta selbst schätzt man die während eines Jahrhunderts abgesetzte Schlammschicht auf 61 Millimeter, mithin kaum auf die Hälfte. Die Erhöhung des Deltas ist mithin nicht so bedeutend, als man glauben könnte, indess immer noch gross genug, um Verschiedenheiten in der Vertheilung der Wasserströme wahrzunehmen. Es ist natürlich, dass die Ufer der Nilarme etwas höher sind, als das umliegende Land, indem zunächst an dem Strome mehr abgelagert wird als in grösserer Entfernung; diese Erhöhung der Ufer ist indess nicht bedeutend, da man keine Eindämmungen vorgenommen hat, um die Ueberschwemmungen abzuhalten, sondern dieselben im Gegentheil so viel wie möglich gleichmässig über das ganze Land zu verbreiten sucht. Das Nildelta ist mithin weit mehr, als alle anderen Deltas, in denjenigen ursprünglichen Verhältnissen, welche ein unbewohntes Delta zeigt, wo die Ueberschwemmungen ebenfalls nicht durch Dämme zurückgehalten werden.

§. 1011. Das Delta des Nils bildet an seiner Berührungsfläche mit dem Meere einen weiten Bogen, der gegen das Meer hin convex ist und die verschiedenen Mündungen zeigt, durch welche man theils direct in die Arme des Stromes, theils in die Binnenseen eindringt, welche sich hinter der Grenze des Deltas finden. Die Bildung dieser Binnenseen oder Lagunen, sowie die Conformation der schmalen Landzungen,

wodurch sie von dem Meere getrennt werden, verdient eine nähere Berücksichtiguug.

Die Landzungen bilden, in ihrem Zusammenhange betrachtet, einen langen bogenförmigen Uferwall oder Lido, welcher die Grenze des Meeres bezeichnet. Dieser Uferwall ist erhabener, als das ganze umliegende Land, seine Oberfläche ist von Dünensand und nicht von Thonschlamm, wie das übrige Delta, gebildet, und seine geologische Constitution ist eine ganz andere, indem seine Basis aus festen Kalkfelsen aufgebaut ist, von welchen man im ganzen Delta auch keine Spur antrifft. In dem sandigen Kalkfelsen, aus welchem dieser Uferwall besteht, finden sich manche Denkmäler der alten Aegypter, die Katakomben von Alexandrien z. B. zum Beweise, dass trotz der Zerstörungen, welche das Meer an diesem natürlichen Damme angerichtet hat, dennoch derselbe im Ganzen seine ursprüngliche Form während Jahrtausenden erhalten hat. Dieser kalkige Sandfels hat eine weissgraue Farbe und nur hier und da Festigkeit genug, um als Baustein verwendet werden zu können; er widersteht nur sehr schlecht den Meereswogen, und seine Erhaltung wäre fast unbegreiflich, wenn man sich nicht auf der anderen Seite überzeugte, dass dieser kalkige Sandstein noch jetzt sich beständig neubildet durch das Zusammenbacken der kleinen mikroskopischen Schalen von Foraminiferen, welche in dem Ufersande leben. Durch Infiltration des im Nilwasser enthaltenen Kalkes in den Meeressand backt sich dieser zusammen, erhärtet und bildet so stets neuen Fels, der den durch das Meer verursachten Schaden ersetzt. Es ist indessen wahrscheinlich, dass an vielen Stellen dieser durchaus neugebildete kalkige Sandstein auf anderen, der Tertiär- oder Kreidezeit angehörigen Kalksteinen ruht, welche in der lybischen Wüste zu Tage gehen. An vielen Stellen sind noch die Oberflächen dieses Uferwalles von förmlichen Dünen bedeckt, welche sich ganz so verhalten, wie die Dünen an anderen sandigen Meeresufern.

Die Lagunen oder Binnenseen, welche das Delta begrenzen, bestehen nur durch diesen Uferwall; ohne diesen wären sie mit dem §. 1012.
Meere vereinigt. Diese Lagunen haben meist nur eine geringe Tiefe von etwa einem Meter; nur in der Richtung der früher mächtigen Flussarme steigt diese Tiefe hier und da bis zu 3 und 5 Metern an; der Boden ist von Nilschlamm gebildet, der an den in die See gehenden Mündungen mit Sand gemischt ist. Offenbar füllen sich diese Lagunen mehr und mehr an und werden allmälig im Laufe der Zeit verschwinden, da der Uferwall die Wegführung des alljährlich darin abgesetzten Nilschlammes verhindert. Alle diese Lagunen sind ausserordentlich fischreich und ihr Wasser abwechselnd süss, bei den Ueberschwemmungen, oder Brackwasser, bei niederem Wasserstande des Flusses, wo das Meer eindringt.

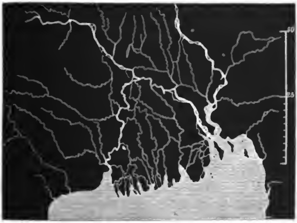
Die Anschwemmungen des Nils haben sich demnach bis jetzt durchaus innerhalb des Grenzcordons gehalten, welcher ihnen durch diesen kalkigen Uferwall gesetzt ist. Nur an zwei Stellen, an den beiden Mündungen von Rosette und Damiette, haben die Nilanschwemmungen sich über den Uferwall hinaus erstreckt und beginnen jetzt ihren Uebergriff in das freie Meer. Es haben sich hier zwei Vorsprünge gebildet, die über den Uferwall hinausragen, sich stets durch frischen Ansatz aus dem Nile vergrössern und auf deren Mitte sich die Nilmündung befindet. Indess wachsen diese beiden Vorsprünge, des zerstörenden Einflusses der Meereswellen wegen, nur äusserst langsam, und das Wachsthum erreicht jedenfalls, nach neueren Berechnungen, keine 4 Meter im Jahre.

§. 1013. Betrachtet man nun die Formation des Nildeltas im Ganzen, so zeigt sich, dass dieselbe eine complicirte ist, indem das Meer, durch Bildung des Uferwalles, derselben eine Grenze gesetzt hat, die es nur an einigen Orten zu überschreiten beginnt. Der Meeressand auf dem Grunde des Deltas beweist, dass dieses eine Bucht war, begrenzt durch einen Uferwall, dass seine Bucht allmälig sich mit Nilschlamm ausfüllte, und dass gemeinschaftlich mit dieser Ausfüllung die Bildung des Uferwalles sich festsetzte und consolidirte. Wie gering der Gewinn über das Meer gewesen sei, zeigen die kleinen Vorsprünge, welche die beiden Hauptmündungen ausserhalb des Uferwalles erzeugt haben.

§. 1014. Das Delta des Ganges, ohne Zweifel das grösste, welches sich auf der Erde befindet, hat eine Länge von 320 Kilometern und eine beinahe ebenso lange Basis gegen das Meer hin. Die Menge der von dem Ganges zugeführten Depots wird noch vermehrt durch den Brahma-Putra, der ebenfalls von der Kette des Himalaja nach dem Golf von Bengalen hinabströmt und wahrscheinlich bei dem Beginn der Deltabildung mit dem Ganges zusammen in eine Meeresbucht strömte, die jetzt bis auf einen kleinen Raum von 5 bis 6 Stunden Länge und 3 oder 4 Stunden Breite gänzlich durch die Anschwemmungen der beiden Flüsse ausgefüllt ist. Der angeführte Raum, welchen die Engländer das „Loch ohne Grund" nennen, liegt etwa in der Mitte des Deltas und bildet einen tiefen Salzsee, in welchen jetzt kein Arm des Flusses sich mehr ergiesst. Wahrscheinlich ist dieser Salzsee der Rest einer Lagune, so dass man den ursprünglichen Uferwall, der ohne Zweifel in diesem Delta existirte, jetzt aber weit von den Anschwemmungen überschritten ist, an der Grenze dieses Salzsees suchen müsste. Das Delta besteht bis in die Tiefe von 80 Fuss aus abwechselnden Schichten von blauem Letten, sandigem Thon und Torf, welche auf einem Bette von Sand und Gerölle ruhen, das alle Anzeichen einer meerischen Absonderung an sich trägt. Der Fluss selbst führt während der Re-

genzeit eine so ungeheure Menge von Schlamm und Sand mit sich, dass das Meer bis in eine Entfernung von 20 Stunden von der Küste getrübt

Fig. 835.



Karte der Gangesmündungen.

ist, und man hat berechnet, dass allein in der Regenzeit der Ganges alljährlich 172 Millionen Cubikmeter und im Jahre etwa 180 Millionen Cubikmeter getrockneten Schlammes mit sich führt. Das Delta des Ganges selbst bietet eine weite, ebene Fläche dar, welche den Namen der Sunderbunds trägt und aus torfigen Morästen, seichten Schlammseen und weiten Strecken moorigen Landes gebildet wird, auf welchem Gestrüppe und Rohr in Menge wachsen. Die Ausdünstungen dieses morastigen Landes erzeugen eine wahre Pestatmosphäre, in welcher nur Tiger und Krokodile hausen.

Das Delta des Po, welches sich in dem adriatischen Meerbusen §. 1015.
zwischen Rimini einerseits und dem Golf von Triest andererseits hinzieht, ist in der ganzen Länge seiner Ausdehnung durch einen Uferwall begrenzt, der einen sanften Bogen bildet und dessen Stücke in der Nähe von Venedig mit dem Namen des Lido bezeichnet werden. Hinter diesem Lido zeigen sich an mehren Stellen, namentlich bei Venedig und Comacchio, bedeutende Lagunen, die allmälig von den Ablagerungen des Po, der Etsch und der verschiedenen Nebenflüsse derselben erfüllt werden. Die meisten Städte der adriatischen Küste liegen an dem inneren Ufer dieser Lagunen, und eine natürliche Folge dieser Lage ist die allmälige Abschneidung dieser Städte von dem Meeresufer und ihre Vernichtung als Seehafen. Ravenna lag zur Zeit Strabo's am Ufer einer Lagune, die als Kriegshafen diente, während

es hent zn Tage in einer Entfernnng von 7000 Metern vom Meeresnfer sich findet und die Stelle des ehemaligen Hafens von Gärten und fruchtbarem angeschwemmten Lande bedeckt ist. Adria, welches ebenfalls zur Römerzeit ein Hafen war und wahrscheinlich ebenfalls am inneren Ufer einer Lagune lag, liegt heute 25000 Meter vom Meere entfernt, indem nicht nur die Lagune erfüllt wurde, sondern auch das Delta selbst, wie wir in der Folge sehen werden, sich über den Uferwall hinaus in das Meer vorschob. Die Lagunen, an deren Ufer Venedig liegt, sind nur durch bedeutende Arbeit bis jetzt vor der gänzlichen Versandnng behütet worden, und es ist sehr wahrscheinlich, dass in geringer Zeit Venedig das Schicksal Ravenna's theilen wird. Ebenso haben die Einwohner von Comacchio nur durch Ablenkung sämmtlicher Ströme süssen Wassers, welche sich in ihre Lagnnen ergiessen, die Anfüllung dieser fischreichen Binnenseen verhindern können.

§. 1016. Der Po selbst erhöbt bei seinem Laufe durch die flache Ebene des lombardischen Deltas beständig sein Bett in so ausgezeichneter Weise, dass auf der ganzen Länge seines Laufes Eindämmungen nöthig wurden, welche das Flussbett so sehr erhoben haben, dass heut zu Tage der Boden des Flusses höher liegt, als alle umliegenden Gegenden. Die bedeutende Menge von Geröllen und sonstigen Materialien, welche der Po aus den Alpen mit sich führt, haben eine rapide Verlängerung seines Deltas längs der Ausmündung herbeigeführt. Der ursprüngliche Uferwall zeigt sich in der Nähe von Adria als ein System fortlaufender Hügel, während die Mündungen des Po selbst einen Vorsprung bilden, der etwa 24 Kilometer von dem alten Uferwall in das Meer vorspringt. Diese ganze Länge ist nach allen Berechnungen und historischen Documenten seit dem Anfang des 12. Jahrhunderts angeschwemmt worden, denn es scheint constatirt, dass zur angegebenen Zeit das Ufer des Meeres bei Adria eine gerade Linie längs der Dünenhügel bildete, welche wir oben als Fortsetzung des alten Uferwalles bezeichneten. Nach diesen Daten würde demnach seit dem Beginn des 12. Jahrhunderts das Delta des Po sich jährlich etwa um 33 Meter verlängern, was, wie man sieht, im Verhältniss zu den Verlängerungen der Nilmündungen äusserst bedeutend ist.

§. 1017. Das **Delta der Rhone** zeigt ähnliche Verhältnisse wie dasjenige des Po. Es besteht aus abwechselnden Schichten von Schlamm, Grus und feinem Sande, und enthält viele Lagunen und Salzteiche, die man zur Gewinnung des Salzes benutzt. Es wird die Camargue genannt und ist gegen das Meer hin durch einen Uferwall begrenzt, der in dem Lande der Strand genannt wird. Die Lagunen, welche hinter diesem Uferwall bestanden, sind beinahe ausgefüllt, und der Hauptarm der Rhone führt jetzt seine Anschwemmungen in das freie Meer hinaus,

wo in Folge des Küstenstromes, der in jener Gegend von Ost nach West gerichtet ist, die Anschwemmungen gegen Westen hin sich vertheilen. Die dort gelegenen Häfen, wie Cette, Agde, Narbonne, St. Gilles, werden in der That nach und nach versandet, während die ostwärts gelegenen Häfen, wie Marseille u. s. w., seit mehren hundert Jahren vor Christus auch nicht die geringste Aenderung erlitten haben. Im Innern des Deltas sind freilich eine Menge von Veränderungen vor sich gegangen, so dass z. B. der Canal, welchen Marius durch seine Soldaten im Jahre 103 vor Christus graben liess, und der während mehrer Jahrhunderte eine der Haupthandelsstrassen der Gallier bildete, heute kaum mehr aufgefunden werden kann.

Die pontinischen Sümpfe sind ebenfalls nichts Anderes, als eine durch einen Uferwall begrenzte Lagune, welche vollständig mit Sand, Thon und Grus ausgefüllt ist und nur dadurch von den Niederlanden z. B. sich unterscheidet, dass der Uferwall vollständig und von keinem Strome durchbrochen ist.

Das Delta des Mississippi ist vielleicht dasjenige, welches am schnellsten sich ausdehnt und täglich die bedeutendsten Veränderungen in der Configuration des von ihm angeschwemmten Landes hervorbringt. Die Länge dieses Deltas mag etwa 320 Kilometer betragen, seine Breite kann auf wenigstens 300 Kilometer geschätzt werden. Das ganze Delta bildet ein äusserst flaches, niedriges Land, welches während 9 Monaten des Jahres fast von Wasser überschwemmt ist und einen weiten See bildet, aus welchem nur längs des Stromes und seiner Arme schmale Dämme hervorschauen. In der beigefügten Karte, Taf. III., Fig. 651, wurde das auf diese Weise alljährlich überschwemmte Land durch Punktirung angedeutet. Die hinfällige Cypresse (*Taxodium distichum*), die Moorpalme, hohes Rohr und Rohrkolben (*Typha*), sowie Weiden, sind die hauptsächlichsten Pflanzen, welche auf diesem morastigen Lande des Deltas gedeihen. In den Lagunen findet man ausser einer Süsswassermuschel (*Gnathodon*) nur äusserst wenige Mollusken, dagegen zahllose Landkrabben, Frösche und Alligators. Der Mississippi theilt sich während seines Laufes durch das Delta in eine Menge von Armen, Bayus genannt, welche theilweise die grossen Landseen ernähren, die sich im Inneren des Deltas finden. Die Tiefe dieser Bayus ist weit geringer, als diejenige des Mississippi, und viele derselben führen sogar nur während der Ueberschwemmungen Wasser. Die Binnenseen oder Lagunen des Deltas haben, sowie diejenigen des Nil-Deltas, nur eine geringe Tiefe, sind aber dadurch vor diesen ausgezeichnet, dass nur wenige Spuren eines Ufer-Apparates vorkommen, welche sie umzäunen. Alle diese Seen und Lagunen liegen bedeutend tiefer, als das Niveau des Mississippi; wie denn z. B. der See Pontchartrain bei Neuorleans 5 Meter unter dem höchsten und 1 Meter §. 1018.

Fig. 836.



Der Unterlauf des Mississippi.

unter dem niedrigsten Wasserstand des Mississippi liegt. Nach diesen Angaben würde es fast unbegreiflich scheinen, wie der Fluss, nach Ueberschwemmungen und Durchbrüchen durch seine Uferwälle, dennoch wieder in sein Bett zurückkehrt, sobald die Wassermasse abnimmt. Man muss aber bedenken, dass die ganze Ebene zwar unter dem Niveau des Wassers liegt, mit Ausnahme der Uferwälle freilich, dass aber der Mississippi selbst in einer Rinne fliesst, die an den seichtesten Stellen 30 bis 40 Meter tief ist und an vielen Orten bis 100 Meter Tiefe erreicht. Bricht nun der Fluss aus, so strömt zwar eine bedeutende Wassermasse über das flache Delta hinüber, deren Strom aber durch die Cypressenwaldungen und Rohrdickichte gebrochen wird, so dass dennoch das tief ausgehöhlte Rinnsal beim Sinken der Wasser der einzige Weg für den Strom bleibt. Jede Ueberschwemmung dieser Art führt indess eine bedeutende Menge von Material in die Lagunen, deren Boden sich auch beständig hebt.

Der Mississippi selbst zeigt fünf Mündungen, von welchen drei §. 1019.
die bedeutendsten sind, nämlich die südöstliche (*b*), nordöstliche (*a*) und die südwestliche (*d*). Der Fluss schwemmt namentlich zur Zeit des hohen Wasserstandes eine ungeheure Menge von Baumstämmen, ganzen Bäumen mit Wurzeln und Aesten (sogenannte Snags) und anderen Producten der Urwälder nach dem Meere hin. Sehr häufig bilden diese vegetabilischen Trümmer gewaltige Flösse, in welchen sich der Sand, der Schlamm und die erdigen Bestandtheile festsetzen und so allmälig schwimmende Inseln bilden, auf welchen nach und nach eine neue Vegetation entsteht, die sich so lange erhält, bis das Floss sich mit dem festen Lande vereinigt und dieses vergrössert. An vielen Orten finden sich Uferklippen, welche durch ältere Süsswasserablagerungen gebildet sind, und in denen man die Art und Weise beobachten kann, wie das Delta allmälig ausgefüllt wurde. So sieht man bei Port Hudson, 165 englische Meilen oberhalb Nenorleans, eine Uferklippe, die aus Thon, Mergel und Kreide von allen Farben gebildet ist, und unter welcher ein wahrhafter Cypressenwald sich findet. Diese Cypressenstämme standen senkrecht und zeigten die eigenthümlichen Wurzelknorren, welche diese Baumart in überschwemmtem Boden bildet. Ohne Zweifel wuchsen diese Cypressen in eben solchen Marschen wie jetzt noch, und sanken allmälig unter das Niveau des Flusses, indem sie von späteren Anschwemmungen überdeckt wurden. An verschiedenen Orten in Louisiana hat man bis zu zehn solcher übereinander gelagerter, durch Zwischenschichten getrennter Cypressenbestände unterschieden und in Bohrlöchern von 600 Fuss Tiefe bei Neuorleans noch nicht den Boden des Delta erreicht. Die Erfüllung der Lagunen und Bayus geht nun in folgender Weise vor sich. Erst bilden sich Gräser, schwankende Prärien, Moosstrecken, die sogar auf eingedrungenem Seewasser

schwimmen, so dass bei ihrer Durchbrechung Seefische hervorkommen. Diese Periode dauert, nach angestellten Berechnungen, etwa 1500 Jahre. Dann erscheinen die Cypressen — manche Stämme derselben haben 10 Fuss Dicke und ein Alter von 5700 Jahren. Durch deren Wachsthum erhöhen sich zuletzt die Uferbänke so, dass die Cypressen absterben und Lebens-Eichen (life-oaks) darauf wachsen, die wieder 1500 Jahre alt werden. Die völlige Uferbank braucht demnach 14 400 Jahre zu ihrer Bildung, eine Cypressenwaldung mit vorgängiger Präriebildung 12 500 Jahre, zehn solche über einander 125 000 Jahre, die Gesammtdauer des Deltas betrüge also im geringsten Falle 126 000 Jahre, da die Lebens-Eichen nur jetzt wachsen. Da man in Neuorleans selbst unter einem Cypressenbaume, der zum vierten Bestande gehört, einen Schädel fand, so berechnete man danach dessen Alter auf wenigstens 51 900 Jahre.

Die Menge des vom Mississippi weggeführten Schlammes ist ungeheuer, doch hält es schwer, sie zu bestimmen, indem nach verschiedenen Versuchen das Verhältniss des festen Schlammes zu der Wassermenge bald wie 1 : 3000, bald wie 1 : 528 von verschiedenen Beobachtern angenommen wurde. Die erstere Zahl scheint indessen eine Art Mittelzahl für das ganze Jahr zu bilden. Man hat aus diesen Angaben die Zeit zu berechnen gesucht, welche der Fluss bedurfte, um das ganze Delta auszufüllen, indem man die Mächtigkeit der Anschwemmungen in dem Delta nach Bohrversuchen auf etwa 200 Meter anschlug, wobei man auf ein Resultat von etwa 100 000 Jahren kommen würde. Andererseits hat man aus verschiedenen Angaben das Vorrücken des Deltas in den mexicanischen Meerbusen nachzuweisen gesucht, und aus dem Fortschreiten einer durch ältere Messungen bestimmten Stelle das jährliche Anwachsen des Deltas zu 350 Metern berechnen wollen. Andere Thatsachen stehen indessen solchen Annahmen entgegen, wie denn die Karte von Charleroix, welche den Zustand der Mündungen vor 130 Jahren angiebt, noch jetzt eine grosse Genauigkeit zeigen soll. Es liegt natürlich im Interesse der Lootsen, die Veränderungen des Delta, die im Ganzen nur gering zu sein scheinen, in vergrössertem Massstabe zu schildern, um ihre Verantwortlichkeit bei Unglücksfällen zu verkleinern.

§. 1020. Das Rhein-Delta bietet die complicirtesten Phänomene hinsichtlich der wechselseitigen Wirkung der Flussablagerung und der Meeresbildungen, welche noch dadurch verwickelt werden, dass der Boden der Niederlande sich beständig durch selbständige Senkung zu erniedrigen scheint. Die Küstenlinie, welche sich von dem Canal bis zur Einmündung der Elbe und von da längs der schleswigschen Küste nach dem Nordmeer erstreckt, bietet eine äusserst gleichförmige Krümmung und ist nur hier und da durch einzelne Einschnitte und mehre mehr oder minder grosse Lücken mit den zahlreichen Binnenseen in Ver-

bindung, welche sich hinter dem Uferwalle finden. Die verschiedenen Inseln, welche namentlich im Norden des Zuydersees längs der friesischen Küste bis zur Einmündung der Weser sich hinziehen, sind nur Stücke dieses Uferwalles, dessen Zerstörung durch die Wellen des Meeres, sogar in geschichtlicher Zeit, bedeutend vorgeschritten ist.

Die Niederlande im Ganzen sind von dem nördlichen Theile Deutschlands durch einen breiten Streifen eines thonigen Kieselsandes getrennt, in welchem sich viele Gerölle finden, die theils aus zerstörten Kreideschichten, theils aus den primitiven Gesteinen der skandinavischen Alpen herstammen. Dieser Sand, der in Westphalen und Holland den Namen „die Geest" führt, bildet den Boden der westphälischen Steppen und derjenigen Hügel, welche in den Niederlanden hier und da über das Niveau des angeschwemmten Landes hervorragen. Bei Rotterdam, Antwerpen und an vielen anderen Orten Hollands hat man unter den angeschwemmten Schichten von Thon, Dünensand und Torf, welche die Oberfläche des Landes bilden, den Sand der Geest in der Tiefe gefunden, und es ist somit wahrscheinlich, dass die Geest einen hügeligen, allmälig unter das Meeresnivean einschiessenden Boden bildet, in dessen Vertiefungen die durch den Fluss bedingten Bildungen abgelagert sind. Der Sand der Dünen selbst, welche den Uferwald bilden, scheint nur ein ausgewaschener Geestsand zu sein, in welchem die grösseren Gerölle fehlen.

Die Anschwemmungen der Niederlande, welche sich über dem Geestboden ablagerten, wurden hauptsächlich von der Schelde, der Maas und dem Rhein geliefert, und da der letztere Fluss den hauptsächlichsten Einfluss auf die Bildung der Gegend gehabt hat, so halten wir uns vorzugsweise in der Beschreibung der einzelnen Erscheinungen an die Bildungen, welche der Rhein bedingt hat. Dieser selbst theilt sich beim Eintritt in das Delta in drei Hauptäste. Zwei derselben, die Waal und der Leck, laufen parallel mit einander von Ost nach West, während der dritte Arm, die Yssel, sich nach Norden wendet, um sich in den Zuydersee zu ergiessen. Schon während der historischen Zeiten hat der Lauf des Rheins manche Veränderungen erlitten, theils durch natürliche Ursachen, indem er, wie alle Flüsse, sein Bett allmälig erhöhte und es später verliess, um sich ein neues zu graben, theils aber auch und namentlich durch die Bemühungen der Anwohner, welche sich vor Ueberschwemmungen zu schützen und das umliegende Land dem Meere und dem Flusse abzugewinnen suchten. Die alten Batayer behaupteten sich auf dem Rhein-Delta und längs der friesischen Küste etwa in ähnlicher Weise, wie die Aegypter in dem Delta des Nils. Sie erhoben einzelne Hügel und Dämme, auf welche sie sich zur Zeit der Ueberschwemmungen zurückziehen konnten, und überliessen das platte Land der periodisch wiederkehrenden hohen Fluth, welche die §. 1021.

Gewässer des Flusses zurückstaute und einen Absatz von Schlamm zur Folge hatte, der allmälig den Boden erhöhte und ausserhalb des Bereiches der Ueberschwemmungen setzte. Dieser natürliche Fortschritt der Deltabildung wird bedeutend modificirt durch die Eindämmung, wodurch man die sogenannten Polders vor dem Einbruche des Meeres schützte. Diese Polders sind Räume, welche im Allgemeinen tiefer liegen als das Niveau des Meeres. Von allen Seiten eingedämmt, werden sie durch besondere Schöpfmaschinen ausgetrocknet, die man durch Windmühlen treiben lässt. Der angeschwemmte Schlammboden dieser Polders hat eine ausgezeichnete Fruchtbarkeit, die aber nicht in gleicher Weise, wie auf den eingedämmten Stellen des Deltas, durch stete neue Absätze unterhalten wird.

§. 1022. Längs der friesischen Küste, wo die Polders weniger gebräuchlich sind, lässt sich die Bildung der Anschwemmungen leichter beobachten als in den holländischen Niederlanden. Die fruchtbaren Marschländer dieser Gegenden bilden sich, wie es scheint, in folgender Weise. Das sandige Gestade oder das Watt, nach friesischem Ausdrucke, welches regelmässig bei der Fluth vom Meere bedeckt wird und nur während der Ebbe trocken bleibt, wird von einer eigenthümlichen Pflanze überzogen, dem sogenannten Kruckfusse (*Salicornia herbacea*), deren Wurzeln dem Sande einige Festigkeit verleihen. Die Anschwemmungen werden in dem Gewirr dieser Pflanzen zurückgehalten, vermehren sich, das Watt selbst erhebt sich und wird nur noch in den grossen Fluthen bei Tag- und Nachtgleiche von dem Meere bedeckt. Der Boden überzieht sich mit dem sogenannten Quellengrase (*Poa maritima*), das als Weide dient, und nachdem er einige Zeit trocken gelegen hat, wird er eingedämmt, um als Ackerland zu dienen.

§. 1023. Die Materialien, welche der Rhein mit sich führt, sind ihrer Quantität, wie ihrer chemischen Beschaffenheit nach, auf das Genaueste untersucht worden. Horner bestimmte in zwei Versuchen zu verschiedenen Jahreszeiten die Menge der in dem Wasser sowohl mechanisch aufgeschwemmten als chemisch aufgelösten Bestandtheile zu 31 bis 35 Theilen auf 100 000 Theile Wasser und berechnet daraus, dass der Rhein bei Bonn in 24 Stunden 145,981 englische Cubikfuss fester Substanzen mit sich führt. Zieht man hiervon die aufgelösten Bestandtheile ab, so bleiben 94,332 engl. Cubikfuss für die schwebenden Theile übrig, was in einem Jahre eine Schicht von 5868 Fuss Länge und Breite und einem Fuss Dicke bilden würde. Bei einer plötzlichen hohen Fluth am 29. Februar 1844 enthielt das höchst trübe Wasser in der Nähe von Uerdingen bei Köln sogar 78 Theile aufgeschwemmter Massen in 100 000 Theilen Wasser. Der gelbe Schlamm hatte sich schon am fünften Tage gänzlich abgesetzt. Bei einem Versuche von Bischoff zeigte

der Rhein am 24. März 1851 in 100 000 Theilen Wasser 20,5 schwebende Theile, und das Wasser hatte sich erst nach vier und einem halben Monat vollkommen geklärt und einen schwärzlichen Bodensatz gebildet, der fest zusammengebacken war. Bei der äusserst feinen Vertheilung dieser von Bischoff untersuchten Massen, die erst nach so langer Zeit in ruhig stehenden Gefässen sich abgesetzt hatten, begreift man leicht, bis auf welche grosse Strecken hin die Materialien in das Meer verführt werden können, bevor sie den Boden erreichen. In chemischer Hinsicht war diese Rheintrübe zusammengesetzt aus 66,2 Kieselerde; 12,4 Thonerde; 16,6 Eisenoxyd; 3,1 Kalk; 1,5 Kali und Natron und einer sehr geringen Quantität Magnesia, so dass die procentische Zusammensetzung auffallend derjenigen der stark kieselerdehaltigen Thonschiefer glich. In chemischer Hinsicht war zwischen dieser Rheintrübe und den festen Thonschiefern nur in soweit ein Unterschied zu finden, als in der ersteren die Kieselerde in ihrer auflöslichen Modification vorhanden war, während in den Schiefern die Kieselerde durch Säure unlöslich ist und durch Glühen aufgeschlossen werden muss. Die Ablagerungen des Rheines werden demnach in dem Meere Schichten von mehr oder minder feinkörnigen Thonschiefern erzeugen, die noch besonders dadurch ausgezeichnet sind, dass sie fast gar keinen mechanisch aufgeschwemmten Kalk enthalten, während das Rheinwasser selbst ziemlich viel aufgelösten Kalk enthält, und in den höheren Gegenden, wie z. B. in der Nähe des Bodensees, auch die schwebenden Gemengtheile sehr vielen aufgeschwemmten Kalk, fast bis zu einem Drittheil ihrer Masse enthalten.

Wenn so auf der einen Seite nicht verkannt werden kann, dass in §. 1024 den holländischen und deutschen Niederlanden die Erfüllung der hinter dem Uferwalle gelegenen Strecken auch ohne die Bemühung des Menschen eine bedeutende Rolle spielt, so darf auf der anderen Seite nicht vergessen werden, dass das Verhalten des Meeres dem Rhein-Delta gegenüber ein durchaus exceptionelles ist. Die geschichtlichen Documente welche wir von Cäsar's Zeit bis auf die unserige besitzen, weisen eine Reihe von wiederholten Einbrüchen des Meeres nach, wodurch die innerhalb des Uferwalles gelegenen Länderstrecken von Zeit zu Zeit überschwemmt und der Uferwall selbst theilweise zerstört wurde. Einer der bedeutendsten dieser Einbrüche ist derjenige, welcher im 13. Jahrhundert den Zuydersee bildete. Anfangs lag in dem südlichen Theile des jetzigen Zuydersees ein Süsswasser-See, Flevo genannt, welchen die Yssel durchströmte, um von da ihren Lauf bis nach der heutigen Insel Vlieland hin fortzusetzen. Nach und nach wurde das ganze Land im Norden des Sees Flevo überschwemmt und so der Zuydersee gebildet, indem nur der Uferwall in Form einiger unzusammenhängender langgestreckter Inseln zurückblieb. Die Bildung

des Dollart, der Jahde und vieler anderer Localitäten wurde durch ähnliche Einbrüche des Meeres bei hohen Sturmfluthen bedingt. In der Nähe vieler Dörfer, bei Scheveningen, Katwyk, Walcheren, kennt man bedeutende Einbrüche des Meeres über das feste Land, und bei Katwyk namentlich finden sich die Ruinen einer römischen Festung, die vom Kaiser Claudius angelegt wurde, in einer Entfernung von 600 Schritten vom Gestade auf dem Grunde des Meeres. Diese Erscheinungen scheinen zu beweisen, dass der Boden der Niederlande sich allmälig senkt und so von Zeit zu Zeit die Einbrüche des Meeres möglich macht, welche wir erwähnten. Die Dämme welche man errichtet hat, müssen nothwendig mit der Zeit ungenügend werden und so die erwähnten Einbrüche begünstigen.

§. 1025. Suchen wir nun die Erscheinungen, welche das Rhein-Delta darbietet, zusammenzufassen, so ergiebt sich, dass die Gestalt desselben durch einen Uferwall bedingt war, welcher ein hügeliges Sandland begrenzte, und das innerhalb dieser Dünen die Ablagerungen aus dem Flüsse vor sich gingen. Der Boden erhob sich nach und nach durch Anhäufungen von Torf, Sand und Schlamm, welche sich in ähnlicher Weise würden fortgesetzt haben bis in unsere Zeit, wenn nicht die Industrie durch das System der Eindämmungen den natürlichen Verlauf der Phänomene modificirt hätte. Die allmälige Senkung des Bodens bedingte andererseits Erscheinungen, welche an den meisten übrigen Deltas sich nicht finden, und die um so unwiderstehlicher sein müssen, als sie auf einer Ursache beruhen, welche nur äusserst langsam, aber stetig eingewirkt hat.

§. 1026. Suchen wir nun im Allgemeinen die einzelnen Erscheinungen, welche die Deltas der verschiedenen Flüsse darbieten, zusammenzufassen, so zeigt sich, dass die Bildung derselben wesentlich von der Existenz fast horizontaler, kaum geneigter Strecken abhängt, welche durch einen Uferwall von dem Meere geschieden waren und so Lagunen bildeten, innerhalb welcher die Anschwemmungen der Flüsse sich wie in einem ruhigen See ablagern konnten. Die periodischen Ueberschwemmungen der Flüsse und das abwechselnde Zurückstauen derselben durch die höheren Sturmfluthen bedingt anfangs mehrfache Abwechselungen in der Natur der Gewässer, welche die Lagune erfüllten, bis nach und nach durch den fortgesetzten Absatz der Ablagerungen der Boden der Lagune sich über das Meeresniveau erhob und ein plattes, von vielfachen Flussarmen durchfurchtes Land bildete, das durch einen sandigen Uferwall von dem Meere getrennt wurde. Nur die grössten Flüsse haben diesen Uferwall überschritten und ihre Anschwemmungen über denselben weg in das freie Meer hinausgeführt. Allein auch hier geschah dies meist nur in Folge der von Menschen unternommenen

Eindämmungen, wodurch die Gewässer des Flusses verhindert wurden, sich zur Zeit der Ueberschwemmungen über die Fläche des Deltas auszudehnen. Die Verlängerung der wenigen, auf diese Weise in das Meer vorgeschobenen Deltas ist indessen so unbedeutend, dass sie kaum in die Augen fällt, und nur der Mississippi macht eine auffallende Ausnahme. Berechnet man indessen das Alter des Mississippi-Deltas nach der in jetziger Zeit stattfinden sollenden Verlängerung desselben von 350 Metern im Jahre, so würde daraus bei einer totalen Länge von 460 Kilometern hervorgehen, dass die Bildung dieses Deltas erst vor 1314 Jahren, mithin im 6. Jahrhundert der christlichen Zeitrechnung begonnen haben würde. Die Unmöglichkeit einer solchen Folgerung leuchtet von selbst ein, und es ergiebt sich daraus wohl am nächsten der Schluss, dass die jetzige Verlängerung des Deltas eine abnorme ist, bedingt durch die Eindämmungen des Flusses und durch die Arbeiten im Innern des Landes. Trotz seiner ganz ausserordentlichen Grösse erfüllt aber das Delta des Mississippi doch nur einen ausserordentlich kleinen Theil des mexicanischen Golfes, und man darf daraus schliessen, dass die Deltas durchaus nicht, wie man zuweilen wohl glaubte, die Anfänge einer allmäligen Ausfüllung der Meeresbuchten seien, sondern dass sie im Gegentheil nur äusserst beschränkte Bildungen darstellen, auf welche die Industrie des Menschen den allergrössten Einfluss ausübt, und deren Existenz auf eine Zeitdauer hinzeigt, welche mit der Länge anderer geologischer Perioden durchaus nicht verglichen werden kann.

Die Deltas, welche über das Bereich der Uferwälle hinaus sich in die freie See erstrecken, bilden den Uebergang zu den Erscheinungen, welche sich in denjenigen breiten offenen Flussmündungen zeigen, deren Eintritt durch keinen Uferwall beschützt ist und die man Aestuarien genannt hat. Hier setzen sich die Gerölle und der Flussschlamm nicht, wie in den Deltas, nach Gesetzen ab, die etwa dieselben sind, wie in ruhigen stehenden Gewässern, sondern das Meer tritt frei aus und ein, Ebbe und Fluth herrschen in den Aestuarien wie an allen anderen Küstenerstreckungen und sogar noch in weit grösserer Ausdehnung, da die buchtenförmige Gestalt der Aestuarien die Erhöhung der Ebbe und Fluth bedingt. Die Bildung und Erhaltung der Aestuarien hängt demnach von der combinirten Wirkung des Meeres und des Flusses ab. Die Fluth tritt, durch keinen Uferwall gehindert, mit ihrer ganzen Bewegungskraft in die Mündung der Bucht ein; zwischen engeren Ufern eingeschlossen, erhebt sich die Fluthwelle und drängt vorwärts der Flussmündung entgegen in das Land hinein. Sie bildet so eine Art beweglichen Dammes, der das Flusswasser aufstaut und zurückdrängt, so dass während der Fluthzeit der Strom, statt nach dem Meere hinzufliessen, landeinwärts fliesst und in manchen Aestuarien §. 1027.

die Fluth sich in zwanzig und mehr Meilen Entfernung von der Küste her spüren lässt. Die in dieser Weise eindringende Fluthwelle wird um so höher sein und um so schneller vordringen, je weiter die gegen das Meer gerichtete Oeffnung der Flussmündung ist und je enger nach und nach die Ufer werden. Man nennt diese in Aestuarien sich bildenden Fluthwellen die Bore und hat beobachtet, dass an manchen Orten eine Hauptwelle von 12 bis 15 Fuss Höhe entsteht, die mit einer Schnelligkeit von drei deutschen Meilen auf die Stunde vorwärts rückt und den ankernden Schiffen gefährlich wird. Die Mischung von süssem Wasser und Meerwasser bringt ausserdem eigenthümliche Erscheinungen hervor. Die grössere specifische Schwere des Meerwassers lässt dieses gleichsam wie einen Keil unter das süsse Wasser dringen und dasselbe aufheben, so dass man anfangs, wenn der Fluss sich staut, in den Aestuarien oben süsses Wasser, am Grunde aber Meerwasser findet, und zwei entgegengesetzte Strömungen beobachtet, indem der Fluss noch thalabwärts fortströmt, während am Grunde das Meerwasser in entgegengesetzter Richtung vordringt. Sobald die Ebbe beginnt, so sinkt das Meer zurück, der Fluss strömt mit erhöhtem Gefälle vorwärts, da seine Wasser vorher gestaut waren und das Niveau des Meeres, in welches er sich ergiesst, abgenommen hat, und reisst nun die während der Fluth abgesetzten Materialien mit gewaltiger Kraft fort. Auch hier übt wieder die specifische Schwere einen bedeutenden Einfluss, indem das Flusswasser über das Meerwasser hinwegströmt und bei grösseren Flüssen bis weit in die See hinein unvermischt demselben aufschwimmt. Ebbe und Fluth wirken demnach in den Aestuarien etwa wie ein Apparat von Schleusen, die man abwechselnd öffnet und schliesst, um bald dem Wasser ein erhöhtes Gefälle zu geben, bald es zu stauen und anzusammeln.

§. 1028. Im Allgemeinen dauert in den Aestuarien die Ebbe weit länger als die Fluth, schon aus dem einfachen Grunde, weil bei ersterer die Gewässer aus dem engen Flusse in die weitere Bucht sich ergiessen, mithin successiv an Schnelligkeit abnehmen, während bei der Fluth das Eindringen in einen Canal von stets abnehmender Breite eine Zunahme der Geschwindigkeit bedingt. In der Themsemündung, sowie in derjenigen der Gironde, steigt die Fluth während 5 Stunden, die Ebbe im Gegentheile dauert 7 Stunden. Die Fluth hat demnach eine weit grössere bewegende Kraft als die Ebbe, und man sollte erwarten, dass die Aestuarien deshalb allmälig versanden müssten, indem die Fluth weit mehr Materialien in dieselben hinaufschaffen müsste, als die Ebbe wieder zurückführt. Indess wird dieser Vortheil der Fluth einigermassen dadurch compensirt, dass die Ebbe in der Richtung der Bodenneigung wirkt, mithin die Materialien leichter auf der geneigten Fläche wegführt, und andererseits durch den Umstand, dass das süsse Wasser, vom festen Lande herkommend, eine Menge von Ablagerungen ver-

schiedener Art mit sich führt, während die durch das Meer gelieferte Wassermasse der Fluth verhältnissmässig weit reiner ist. In den meisten Aestuarien hält sich auf diese Weise die Wirkung der Flnth und der Ebbe das Gleichgewicht, nnd während auf der einen Seite Ablagerungen und Schlammdepôts gebildet werden, öffnet auf der andern Seite die Ebbe neue Canäle durch Wegreissen. Die meisten Materialien indess, welche ein Delta bilden würden, wenn ein Uferwall ihre Ablagerung vor der Wirkung der Meeresströmungen schützte, werden weit in die See hineingeführt und lagern sich auf dem Grunde derselben ab.

Das überzeugendste Beispiel dieser Art liefert der Maranhou oder **Amazonenstrom**, dieser grösste aller Flüsse, der, wie der Mississippi, aus Urwäldern, unbebautem und grossentheils angeschwemmtem Lande eine ungeheure Menge von Schlamm, feinem Sande nnd Treibholz in das Meer führt und dennoch kein Delta gebildet hat, weil seine Mündnng keinen Uferwall besitzt, der den Absatz der Ablagerungen gegen die dort herrschende Meeresströmung geschützt hätte. Von der Küste von Guinea, an dem Westrande des afrikanischen Continentes, kommt nämlich ein bedeutender Meeresstrom, der nach Westen hin quer den Ocean durchkreuzt und auf den südamerikanischen Continent auftrifft, da wo die Küstenlinie desselben nach Norden hin umbiegt und in den mexicanischen Golf hinein sich fortsetzt. Derselbe Strom bricht aus dem mexicanischen Golfe wieder hervor, besonders dnrch die Meeresenge von Florida, und nimmt nun, unter dem Namen des Golfstromes, seine Richtung anfangs nach Norden, dann nach Nordosten, so dass er später an die europäischen und nordischen Küsten auftrifft. Dieser bedeutende Meeresstrom reisst die von dem Amazonenstrome in das Meer geführten Sand- und Schlammmassen mit sich fort gen Norden hin und bildet so zwischen dem Amazonenfluss und dem Orenoco eine Reihe von schlammigen Uferbänken, morastigen Sümpfen und untermeerischen Schlammablagerungen, die sich täglich vergrössern und dem festen Lande von Gnyana sich anschliessen. Die Ablagerungen des Orenoco werden ebenso längs der Küsten weitergeführt und theils an den nächsten Inseln der Antillen, besonders an Trinidad, theils in dem mexicanischen Golfe selbst angeschwemmt. §. 1029.

Sucht man aus den bis jetzt vorhandenen Elementen zu berechnen, bis in welche Entfernungen die aus den Aestnarien herstammenden Materialien von den Meeresströmnngen verführt werden können, ehe sie zu Boden sinken, so gelangt man zu ganz bedeutenden Resnltaten. Aufgeschlämmte Materialien fallen sogar in sehr ruhigem Wasser sehr langsam zn Boden nnd werden in bewegter Flüssigkeit nm so länger schwebend erhalten, je heftiger die Bewegung selbst ist. Die Bewe- §. 1030.

gung des stürmischen Meeres macht sich je nach der Grösse der erregten Wellen in verschiedenen Tiefen fühlbar. So sieht man häufig an seichten sandigen Küsten, dass die in geringer Tiefe lebenden Muscheln weggerissen und an das Ufer geworfen werden. In den gewöhnlichen Fällen reicht die Wirkung heftiger Stürme bis auf eine Tiefe von 20 Metern; weit tiefer aber reichen die Wirkungen der durch Strömungen oder Ebbe und Fluth bedingten Grundwellen, die man auf dem Boden der Bank von Neufundland und bei St. Giles bis auf eine Tiefe von 200 Metern nachgewiesen hat. Bedenkt man nun, dass das Meer im Mittel mehre tausend Fuss Tiefe hat, dass seine specifische Schwere, seines Salzgehaltes wegen, weit bedeutender ist, als diejenige des süssen Wassers, und die darin aufgeschlämmten Molecüle deshalb auch länger schwebend erhalten werden; dass der Widerstand, welchen das Wasser dem Sinken der aufgeschlämmten Massen entgegensetzt, mit Zunahme der Tiefe wächst; dass endlich Strömungen in der Tiefe wie auf der Oberfläche existiren, so wird man anerkennen müssen, dass die feineren Schlammtheile in ungemessene Fernen über den ganzen Ocean hin verbreitet und auf dem Boden desselben in horizontalen Schichten abgelagert werden müssen.

§. 1031. Die directe Beobachtung liefert Beispiele für diese Ausbreitung der feinsten aufgeschlämmten Materialien in Schichten über den Meeresboden. Das Senkblei bringt in der hohen See aus den grösseren Tiefen nur einen höchst feinen Schlamm mit hervor, welcher den Grund bedeckt; gröbere Materialien finden sich nur in der Nähe des festen Landes oder der Inseln und werden demnach nicht sehr weit nach der hohen See verschleppt. Es wäre thöricht, behaupten zu wollen, dass das Meer selbst durch Einwirkung auf seinen Grund die dort aufgehäuften Schlammschichten erzeuge; die Bewegung der Wellen auf der Oberfläche setzt sich nicht in solche Tiefe fort, und die Ströme, welche ohne Zweifel das Meer durchfurchen, selbst in grösster Tiefe, haben ihren bestimmten, gleichförmigen Zug, der höchstens dahin wirken kann, den Schlamm weiter wegzuführen.

Man hat die Ablagerungen, welche in der angegebenen Weise in Aestuarien erzeugt und über grössere Strecken des Meeresbodens hinweggeführt werden, mit dem Namen der fluviomarinen Ablagerungen bezeichnet. Es ist leicht einzusehen, dass in diesen Schichten verschiedene Abwechselungen vorkommen können, indem einerseits lang anhaltende Stürme oder Windrichtungen den Meereswellen eine grössere Kraft in einer bestimmten Richtung geben und so Meeresthiere weiter fortführen können, als dies gewöhnlich der Fall ist, während andererseits Orkane und heftige Gewitter oder lange anhaltender Regen auf dem festen Lande weit mehr von dort weggerissene Materialien herbeiführen und auf grössere Strecken ausbreiten können. So hat

mau an dem Hafen von Valparaiso die Beobachtung gemacht, dass während des grössten Theiles des Jahres die Wasser der Rhede vollkommen klar sind und nur sehr feine Schlammablagerungen gebildet werden, weil während dieser Zeit das Cap Coronillera die Rhede gegen die von Süd nach Nord streichenden Winde deckt. Im März springt der Wind meistens um nach Westen oder Nordwesten, wühlt die Rhede auf und bringt gröbere Materialien herbei, die sich als Sandschichten absetzen, in welchen losgerissene Muscheln in Menge sich finden. Mündete ein bedeutender Fluss in diese Rhede, so würden dessen Ablagerungen eine noch grössere Mannigfaltigkeit in die Abwechselung von Sand- und Schlammschichten bringen, die man jetzt schon beobachtet, und es würden namentlich Schichten sich finden, wo schwimmende Muscheln und Strandthiere des Meeres, mit Land- und Süsswasserthieren gemengt, abgelagert wären. In der That beobachtet man in allen solchen Schichten, welche offenbar in Aestuarien sich gebildet haben, wie z. B. in den Tertiärbecken von Paris und Mainz, theils abwechselnd über einander greifende Schichten von reinen Meeres- und Süsswasserablagerungen, theils auch gemengte Schichten, in welchen Meeresmuscheln neben Süsswasser- und Landthieren vorhanden sind.

Wollte man demnach diesen Thatsachen zufolge und mit Zuziehung der später zu erörternden über die Verbreitung der Thiere und Pflanzen einen Durchschnitt des Meeres und seiner Ufer entwerfen, auf welchem man die jetzigen Bildungen eintrüge, so würden sich längs der Ufer mehr oder minder geneigte Ansammlungen von Materialien finden, welche nach der Tiefe des Beckens hin beständig an Grösse abnähmen und endlich in horizontale Schichten eines unfühlbaren Schlammes übergingen. Man würde längs der Ufer in den Conglomeraten, in dem Sande, Kies und Schlamme der Deltas und der ganzen Stranderstreckung eine ungeheure Menge von Thieren aller Art einzeichnen müssen, welche theils im Meere leben, theils, in den Deltas und Aestuarien, von den Flüssen hinweggeführt und mit den Meeresbewohnern gemischt wurden; man würde dieses organische Leben stets mehr und mehr gegen die hohe See hin abnehmen sehen, so dass die dort abgesetzten feinen Schlammmassen mit Ausnahme der schon erwähnten Tiefenwesen keine fossilen Körper mehr enthalten. Es wurde schon früher darauf aufmerksam gemacht, wie sehr diese Verhältnisse sich in den älteren Formationen und namentlich im Jura wiederholen, und wie im Allgemeinen die verschiedenen Versteinerungen führenden Gebilde nur in solchen Zonen reich an grösseren, nicht mikroskopischen Fossilien sind, wo ihr sonstiges Verhalten darauf hinweist, dass sie Uferbildungen waren. §. 1032.

Es geht schon aus diesen Betrachtungen hervor, dass die Schichtbildung auf dem Boden des hohen Meeres weit in der See nur eine §. 1033.

äusserst langsame sein kann, indem die Menge der Materialien, welche sich auf dem Boden desselben absetzen, nur äusserst gering ist im Verhältniss zu der ungeheuren Flächenausdehnung, welche die Oceane darbieten. Einen wesentlichen Einfluss auf diese Ablagerungen müssen die Meeresströmungen ausüben, besonders diejenigen beständigen Strömungen, welchen die ganze Wassermasse gehorcht und auf deren geographische Vertheilung einzugehen hier zu weit führen würde. Das Treibholz, das Treibeis mit den von demselben getragenen Felstrümmern, die schwimmenden Hochseethiere werden durch diese constanten Strömungen in gewissen Richtungen zerstreut, die anhaltend sind und auf diese Weise bandartige Streifen erzeugen müssen, in welchen eine grössere Mannigfaltigkeit von Ablagerungen vorkommt, als in denjenigen Regionen der hohen See, welche keine solchen Strömungen zeigen. In der jetzigen Zeit, wo die Tiefe des Oceans unseren Blicken nicht mehr ganz birgt, was auf dem Grunde vorgeht, stehen die Beobachtungen noch zu vereinzelt da, als dass man Schlüsse daraus ziehen könnte; vielleicht aber lässt sich bei genauerer Beobachtung der horizontalen geographischen Verbreitung der Fossilien in einer und derselben Schicht, dereinst für diese oder jene Formation eine Karte des Meeresbodens entwerfen, auf welcher solche Strömungen durch die verschiedene Vertheilung der Fossilien hervortreten. Bis jetzt reichen indess die Thatsachen nicht aus, und wir wenden uns daher sogleich zu den Uferbildungen, welche dem Meere an und für sich ohne Beihülfe des süssen, fliessenden Wassers zukommen, und deren Entstehung und Entwickelung wir unter unseren Augen verfolgen können.

§. 1034. Die Wirkung des Meeres auf seine Ufer unterscheidet sich je nach der Natur der Materialien, aus welchen dieses Ufer zusammengesetzt ist. Die zerstörende Wirkung des Meeres, welche wir später betrachten werden, zeigt sich fast einzig da, wo felsige Ufer den Wogen widerstehen, während im Gegentheil Sand und Gerölle bei sanfter Uferneigung mehr die aufbauenden Wirkungen des Meeres hervortreten lassen. Die Bewegung der Wellen an dem Ufer, selbst wenn dies sehr abgeflacht ist, bietet äusserst verwickelte Verhältnisse dar, deren Resultat aber stets darauf hinausläuft, einen Auswurf jener beweglichen Materialien zu bilden, auf dessen äusserer Fläche das Auswerfen und die Wegnahme mit einander in Gleichgewicht stehen. Die grösseren Gerölle werden von den Wellen am weitesten gegen das Land hingeschlendert, während der feinere Sand bei dem Zurückweichen der Wellen mitgeschlämmt und an dem Fusse des Aufwurfes abgelagert wird. Die Gerölle lagern sich demnach an diesen Aufwürfen je nach ihrer Grösse in der Weise, dass die gröberen Gerölle mit bedeutender Neigung die Spitze des Aufwurfes einnehmen, während der feinere Sand an dem Fusse des Strandes mit kaum merklichem Falle sich hin-

zieht, wie dies in dem beigefügten idealen Durchschnitte eines Uferwalles (s. Taf. III, Fig. 632) angedeutet ist. Das Ganze bildet eine Art Wulst, der oft über meilenweite Strecken sich hinzieht und im Allgemeinen sehr regelmässige Curven bildet, welche die Ungleichheiten und Vorsprünge des Meeresufers mehr oder minder ausgleichen. Diese Sandwülste, welche wir mit dem allgemeinen Namen der Uferwälle belegen, lehnen sich an die vorspringenden Winkel der Meeresufer, an die nackten Felsen selbst an, während sie vor den eingeschnittenen Buchten schmale Landzungen bilden, wodurch diese letzteren in Lagunen oder Binnenseen verwandelt werden. Oefters stehen diese Lagunen durch Einschnitte mit dem Meere in Verbindung, zuweilen empfangen sie die Mündungen der Flüsse, durch deren Anschwemmungen sie allmälig ausgefüllt werden, in anderen Fällen endlich zeigen sich diese Lagunen gänzlich abgeschlossen als Teiche oder Seen, welche nur durch durchgesickertes Wasser ernährt werden.

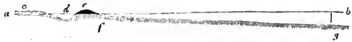
Die Bildung der Uferwälle hat in allen Meeren statt, indem es §. 1035. dazu nur einerseits beweglicher Materialien, andererseits abwechselnder Höhenunterschiede in dem Wasserstande bedarf, wodurch die Gerölle bis zu einer Höhe angeschwemmt werden, von welcher sie bei gewöhnlichem Wasserstande nicht erreicht werden. In den meisten Meeren werden die Uferwälle durch die Ebbe und Fluth bedingt, sie bilden sich indessen auch in solchen Meeren, welche keine merkbare Ebbe besitzen.

Die verschiedenen Lagunen an dem Ufer der Ostsee (s. Taf. IV, Fig. 653), welche man mit dem Namen der Haffe belegt, sind durch solche Uferwälle oder Nehrungen von dem Meere getrennt. Die kurische Nehrung, welche eine Länge von 110 Kilometern besitzt, zieht sich in sanftem Bogen von Sarkau bis gegen Memel hin, in der Nähe welcher Stadt sich die einzige Oeffnung des Uferwalles befindet. Weiter nach Westen hin zeigt sich vor dem frischen Haff der Uferwall der frischen Nehrung, der sich bis gegen Danzig fortsetzt. Noch weiter gegen Westen hin bilden ähnliche Uferwälle das grosse und kleine Haff, und die Inseln Usedom und Wollin sind nur Anschwemmungen, welche sich an Stücke dieses Uferwalles angelehnt haben.

In der ganzen Länge der schleswigschen Küste bis zur Einmündung des Canals, überall an den englischen und französischen Küsten, ja, man kann sagen, auf der ganzen Erdoberfläche, wo nur sandige Ufer den Meereswellen sich entgegenstellen, zeigen sich diese Uferwälle, welche auf die Configuration der Küsten im Ganzen den wesentlichsten Einfluss ausgeübt haben, indem sie überall regelmässige geometrische Formen darzustellen suchen, welche sich an die Küstenvorsprünge anlehnen und die Buchten zu Lagunen umbilden. Der bei- §. 1036.

gefügte Durchschnitt der Küste von Texas (Fig. 837) kann gleichsam als ein idealer Durchschnitt aller Küsten gelten, an welchen solche Uferwälle vorkommen. Die Küste sinkt langsam unter das Meer hinab, und um diese Senkung deutlich zu machen, musste für dieselbe ein

Fig. 837.



Durchschnitt der Küste von Texas.
ab Meeresniveau. *c* Küste der Lagune. *d* Lagune. *e* Uferwall. *fg* Meeresboden.

Maassstab angenommen werden, der sich zu dem Maassstab der horizontalen Entfernung wie 100 zn 1 verhält. Der Uferwall unterbricht die gleichförmige Senkung; er erhebt sich, im Durchschnitte, wie eine Warze über das Nivean, und hinter ihm findet sich die Höhlung der Lagune, aus welcher erst das feste Land ansteigt. In diesen Lagunen nun zeigen sich seltsame Verhältnisse hinsichtlich der organischen Productionen, welche dieselben bewohnen. In denjenigen, welche Brackwasser enthalten, mischen sich Bewohner des süssen Wassers mit denjenigen des Meeres, in anderen, welche nur süsses Wasser enthalten, werden zuweilen durch plötzliche Einbrüche des Meeres sämmtliche Bewohner getödtet und durch Meeresbewohner ersetzt, eine Erscheinnng, welche auf die Abwechselnng der Süsswasser- und Meeresbildungen in älteren Formationen ein grosses Licht wirft.

§. 1037. Die Linie der Uferwälle setzt sich sogar unter dem Wasserspiegel an denjenigen Orten fort, wo Flussmündungen einen Einbrnch in dem Uferwalle bedingt haben. Es zeigt sich dann an der dem Uferwalle entsprechenden Stelle eine seichtere, quer durch die Mündnng gezogene Bank, die **Barre** genannt, hinter welcher landeinwärts der tiefere Flnss, nach aussen hin das Meer sich findet. Die meisten grösseren Flussmündungen zeigen solche Barren, auf welchen man höchstens 5 bis 6 Meter Wasser trifft, deren Seichtigkeit selbst manchmal so bedeutend ist, dass die grösseren Schiffe vor denselben abladen müssen.

§. 1038. In sehr vielen Fällen bleiben die Uferwälle aus demselben leicht beweglichen Material, Sand und Kies, zusammengesetzt, aus dem sie aufgeschüttet wnrden; sehr oft aber wird dieser Sand durch Infiltration von Kalk zusammengebacken, cämentirt nnd allmälig in ein Conglomerat nmgewandelt, welches znweilen bedeutende Festigkeit besitzt. An einigen Küsten schreitet die Bildung dieser kalkigen Uferwälle und ihre Verkittnng sehr rasch vorwärts, begünstigt ebensowohl durch bedeutenden Kalkgehalt in dem Seewasser, als auch namentlich durch Reichthum an Schalen aller Arten von Seethieren, welche in deu Bran-

dnngen zerbrochen, zersplittert, zerrieben werden und so eine Breccie bilden, welche durch feinere Kalkschälchen und chemisch abgesetzten Kalk zusammengekittet sind. Es wurde oben schon die stete Neubildung der Uferwälle an der ägyptischen Küste erwähnt; man kennt Breccien, auf die eben erwähnte Weise gebildet, aus vielen anderen Orten, namentlich von den calabrischen nnd sicilianischen Küsten, so wie bei Guadeloupe und Martiniqne, wo die Gegenwart eines menschlichen Skelettes in einer solchen Uferbreccie den besten Beweis für ihre Neubildung lieferte, znmal da sich mit demselben noch andere Kunstgegenstände in derselben Breccie fanden, deren Beschaffeuheit durchaus kein hohes Alter der Bildung anzeigte.

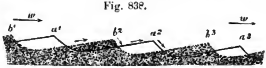
In directem Gegensatze zu dieser Breccienbildnng stehen diejenigen Gegenden, in welchen die Uferwälle aus losem Sande zusammengesetzt bleiben und wo sogar der Sand so fein und leicht wird, dass der Wind Macht über ihn erhält und die sogenannten Dünen aus dieser Einwirkung des Windes hervorgeheu. Diese **Dünen**, welche eine der merkwürdigsten Erscheinungen der sandigen Meeresufer bieten, bestehen aus langen Reihen von Sandhügeln, welche die Ufer decken und oft bis weit in das Land hinein vor dem Winde her sich bewegen. Zur Entstehung der Dünen sind mehre Bedingungen erforderlich; einerseits eine flache, heftigem Winde ansgesetzte Küste, und andererseits Sand von einer gewissen Zusammensetznng. Es bilden sich deshalb nicht an allen sandigen nnd flachen Küsten Dünen, sondern nur an solchen Ebbe und Fluth besitzenden Küsten, wo die Grösse der Körner, ihre specifische Schwere und ihr Verhalten beim Anfeuchten und Trocknen die eigenthümliche Aufschüttungsform begünstigen, welche eben mit dem Namen der Dünen bezeichnet wird. §. 1039.

Die Dünen bilden längs der Küsten, wo sie vorkommen, lange, einförmige Hügelzüge von nngleicher Höhe, welche durch Längenthäler in mehre hinter einander gelegene parallele Züge getheilt werden, während einzelne Quereinschnitte die Hügel selbst von einander trennen. Gegen das Meer hin zeigen diese öden, nackten Hügel oft ganz senkrechte, meist sehr steil abfallende Wände, während gegen das innere Land hin der Abfall gelinder ist nnd meist eine gleichförmig geneigte Fläche von fast genau 30° Fall zeigt. An manchen Orten, wo besonders günstige Umstände zur Dünenbildung mitwirken, beträgt ihre Höhe bis 200 Fuss nnd mehr, während in den meisten Küstengegenden sie nur 30 bis 50 Fuss Höhe erreichen. Im Allgemeinen kann man behaupten, dass die Flugsandkörner, welche die Düne zusammensetzen, da am grössten sind, wo die Düne die bedeutendste Höhe erreicht. Ebenso bedeutenden Einfluss übt die Stärke des Windes, und man kann, bei sonst gleicher Grösse der Flugsandkörner, stets

aus der Höhe der Dünen auf die Stärke des Windes schliessen, da in der That die Düne um so höher sich aufbaut, je stärker der Wind ist.

§. 1040. Die Richtigkeit dieser Grundsätze geht auf die einfachste Weise aus dem Mechanismus der Dünenbildung hervor. Das Meer selbst hat hierbei nur einen sehr mittelbaren Antheil, indem es den ausgewaschenen, auf etwa gleich grosse Körner reducirten Sand durch den Wellenschlag der Fluth an der Küste aufhäuft und dann bei der Ebbe diese schnell trocknende Sandfläche der Wirkung des Windes ausgesetzt lässt. Dieser häuft den Sand, indem er ihn vor sich hertreibt, hügelförmig zusammen und treibt beständig neue Massen von Sand an der Windseite in die Höhe. Sobald der Sand die grösste Höhe der Düne erreicht hat (Höhe, welche natürlich von der Kraft abhängt, mit welcher der Wind den Sand an der geneigten Ebene aufwärts treibt), so fällt er auf der entgegengesetzten Seite herunter und bildet hier eine Böschung, welche einzig durch die Grösse und Regelmässigkeit der so aufgeschütteten Körner bedingt wird, da die Böschung selbst durchaus unter dem Winde liegt. Jede Düne besteht auf diese Weise aus zwei dachförmig verbundenen Schichtungsflächen, deren eine, gegen den Wind gerichtete nur sehr schwach, zwischen 5 bis 10 Graden geneigt ist, während die vom Winde abgeneigte Seite den meist 30° betragenden Aufschüttungswinkel zeigt. Um die Bildung solcher Dünenrücken zu beobachten, muss man Augenblicke wählen, wo der Wind den Sand

Fig. 838.



nur treibt, ohne ihn förmlich fortzuwehen. In der beistehenden Figur 838 mögen die mit *w* bezeichneten Pfeile die Windrichtung angeben, während *b* 1, *b* 2, *b* 3 die bestehenden Sandhügel bezeichnet. Der Wind, indem er die oberen Sandlager packt und weitertreibt, wird allmälig Hügel aufschütten, welche den durch die Linie *a* 1, *a* 2, *a* 3 bezeichneten Profilen entsprechen und auf diese Weise stets weiter vorrücken. Bei grossen Sturmfluthen dringt aber das Meer über den Fuss der schon aufgeschütteten Dünen vor, welcher gemeiniglich die mittlere Höhe der Fluthen bezeichnet, wäscht diesen aus und bedingt so den Einsturz der Düne, wodurch diese eine gegen das Meer hin steil abfallende Seite erhält, deren zuweilen senkrechter Absturz durch die Gras- und Riedwurzeln, welche die Düne nach längerer Existenz durchziehen, erhalten wird.

§. 1041. Aus den berührten Bedingungen der Dünenbildung, die indessen auch auf dem Festlande vorhanden sein können, wie die Dünen der Sahara, der ägyptischen Wüste etc. beweisen, geht schon die Unbe-

ständigkeit der aufgeschütteten Flugsandmassen von selbst hervor; der Wind verändert sie beständig, indem er bald neue Massen von Sand aufschüttet, bald bei der Bedeckung des Strandes während der Fluth die Gipfel der Dünen einreisst und den Sand weiter in das Land hineintreibt. So wird die Düne beständig vor dem Winde hergetrieben, indem der auf der Stossseite weggeführte Flugsand über den Damm der Düne hinaufgewirbelt und auf der Leeseite abgesetzt wird. Auf diese Weise sind die Dünen in einem beständigen Vorrücken landeinwärts begriffen. Dieses Vorrücken hängt, wie leicht einzusehen, von vielen localen Einflüssen, der Beschaffenheit des Sandes, des Meeresstrandes, der geographischen Lage der Küsten und ihrer Aussetzung ab; es ist aber an vielen Orten so bedeutend, dass es die ernstlichsten Besorgnisse erregt für die hinter den Dünen gelegenen fruchtbaren und bebauten Küstenstriche. So sind die Dünen seit dem Jahre 1666 in der Nähe von Saint-Pol-de-Leon in der Bretagne etwa 6 Wegestunden landeinwärts gewandert und haben den ganzen Küstenstrich mit einem Sandmeere bedeckt, aus dem man nur noch die Spitzen einiger Kirchthürme und Kamine hervorragen sieht; in der Gegend der Landes (Südfrankreich) sind viele Dörfer durch die Dünen versandet, und es wäre leicht, eine grosse Menge solcher Beispiele des Vorrückens der Dünen in das bewohnte Land aufzuführen. Das Maass dieses Vorrückens ist zu unbestimmt, zu sehr localen Verhältnissen unterworfen, als dass man bestimmte Zahlen dafür angeben könnte; indess scheint doch jetzt schon aus den vorhandenen Daten hervorzugehen, dass die Dünen als eine Art geologischen Chronometers benutzt werden können, dessen Bildung zu Anfang der jetzigen Schöpfungsperiode begann und noch immer fortdauert.

Wenn indess die Dünen einerseits durch ihr Vorrücken in mancherlei Weise verderblich sein können, so darf man auf der andern Seite nicht vergessen, dass die meisten flachen Küstenländer Europas ihr Dasein fast nur diesen natürlichen, vom Winde aufgeworfenen Wällen verdanken. Alle flachen Küstenstriche Frankreichs, Hollands, Norddeutschlands und Dänemarks bieten eine solche, nur hier und da durch Felsenufer unterbrochene Zone von Dünen dar, welche dem Eindringen der Meeresfluthen einen Damm entgegensetzen und das dahinter liegende flache, oft sogar unter dem Meeresspiegel gelegene Land vor dem Einbruche der Fluthen schützen. Meist findet sich hinter dieser Dünenzone eine Reihe von Sümpfen, Mooren, Teichen und Seen, gebildet durch Anhäufungen süssen Wassers, welche zuweilen durch Canäle und natürliche Durchbrüche mit dem Meere in Verbindung stehen. Der Zuydersee, das Haarlemer Meer bieten auffallende Beispiele solcher durch Dünen begrenzter Wasseransammlungen, deren sich überall an den Küsten eine Menge findet. §. 1042.

§. 1043. In den kleineren dieser Dünenseen, welche oft lange Jahre hindurch in den Längsthälern hinter stationär gebliebenen Dünen sich erhalten, findet sich eine kräftige Vegetation von Snmpf- und Moospflanzen und eine fortschreitende Torfbildung, die aber von Zeit zu Zeit dnrch den Einbruch der Düne und deren Zerstörung abgeschlossen wird. Die den See ausfüllenden Sandmassen bedecken das Torflager, nnd der Drnck dieser Sandschichten bedingt ganz eigenthümliche Phänomene in den Lagern dieses Martorfes, wie ihn die Bewohner Dänemarks nennen. Solcher Martorf ist etwa viermal schwerer, als gewöhnlicher Torf (bis 80 Pfund der Cubikfuss), dentlich geschichtet, schiefrig und in einzelnen Handstücken kaum von Brannkohle zu unterscheiden. Die dariu abgelagerten grösseren Vegetabilien, besonders die weicheren Hölzer, wie Birken etc., sind durchaus platt gedrückt, und es zeigt sich in diesen Martorflagern so eine, durch die Compression mittelst des Sandes bedingte Vereinignng von Erscheinungen, welche in vielen Beziehungen an die Verhältnisse der Steinkohlen erinnert.

---

§. 1044. Das **organische** Leben auf der Erde bedingt die wesentlichsten Veränderungen hinsichtlich der Znsammensetzung der verschiedenen Ablagernngen, welche theils in dem Meere, theils auf dem festeu Lande sich bilden. Die Vertheilnng der Pflanzen und Thiere auf der Erdoberfläche ist nicht eine gleichmässige; — auf dem festen Lande sowohl wie in dem Meere zeigen sich die mannigfaltigsten Zonen verschiedener geographischer Verbreitnng der Organismen. Die Vertheilung dieser Zonen, ihr Verhältniss unter sich, je nach den verschiedenen Erdtheilen und den verschiedenen Continenten, hängt von mancherlei Ursachen ab, unter welchen vor allen die Unterschiede des Klimas, sowie der Höhe und Tiefe in auf- und absteigender Linie vom Meeresniveau den wesentlichsten Einfluss ausüben. Für die Geologie sind die verschiedenen Verbreitungsbezirke der Thiere wie der Pflanzen von dem wesentlichsten Interesse, da dieselben mit allmälig zunehmenden Modificationen bis in die ältesten Perioden sich fortsetzen, und somit den verschiedenen Schöpfungsfolgen einen bestimmten localen Charakter aufdrücken, der sich um so mehr hervorhebt, je näher die geologische Epoche an die nnserige heranreicht. Es wird deshalb erforderlich sein, zuerst einen Blick auf die Verbreitung der Thiere und Pflanzen in der jetzigen Schöpfungsperiode zu werfen, um dann später auf diejenigen Arten von Ablagerungen näher einzugehen, welche für die Geologie von specieller Wichtigkeit sind.

§. 1045. Die **geographische Verbreitung der Pflanzen** hat zu vielfachen Untersnchnngen Veranlassung gegeben, und es ist so ziemlich gelungen, allgemeine Gesetze für dieselbe aufzustellen. Auf den ersten

Blick sollte es scheinen, als wenn hier eine weit grössere Regelmässigkeit stattfinden müsse, als in dem Thierreiche, da nur äusserst wenige Pflanzen, wie z. B. die im Meere schwimmenden Algen und Tange, einer Ortsveränderung fähig, die übrigen aber an den Boden gefesselt sind. Indessen dient gerade dieser Umstand, in ähnlicher Weise wie im Thierreiche, zu grösserer Complication, indem die Samen vieler Pflanzen theils durch den Wind, theils durch Thiere, denen sie unverdaut abgehen, auf weite Strecken hin verführt werden können, und so eine neue Ansiedlung der Pflanzenart bewirken können. Zudem sind aber wegen dieser Fesselung an den Boden die äusseren Einflüsse: Klima, Temperatur, Höhe über dem Meere, Feuchtigkeit, Luft, Licht, chemische und geologische Bodenzusammensetzung, weit einflussreicher auf die Vegetation, und bereiten weit tiefergreifende Veränderungen, als dies in dem Thierreiche der Fall ist. Trockene Landesstrecken, Sümpfe, Hochebenen, feuchte Wälder, Hügel, hohe Gebirgszüge können dennoch unter demselben Breitegrade oder unter derselben Isothermlinie die Vegetation eines ganzen Landes so umändern, dass sie keine Aehnlichkeit mit derjenigen der benachbarten Gegend besitzt. Deshalb ist auch die Vergleichung, welche man auf die ähnliche Abnahme der Isothermlinie vom Aequator nach den Polen und an den Hochgebirgen des Aequators bis an die Schneegrenze stützte, und wonach man die beiden Erdhälften mit zwei ungeheuren Bergen verglich, deren Basis am Aequator zusammengestellt wäre, insofern unzulässig, als die Vertheilung des Wassers, der Einfluss der Luft und des Lichtes auf den Bergen eine ganz andere ist, als auf den nördlichen Erdhälften.

Nicht minder bedeutsam ist das Verhältniss der Temperatur, wobei besonders zwei Gesichtspunkte massgebend sind: die Winterkälte und die Summe der Temperaturen, welche nöthig ist, um die Früchte zu reifen. In Inselklimaten, wo die Extreme nicht weit von einander stehen, können Pflanzen gedeihen, welche bei gleicher mittlerer Jahrestemperatur in einem continentalen Klima durch die Winterkälte getödtet werden. Und andererseits kann in einem Klima, das nur einen sehr kurzen, aber warmen Sommer hat, eine Pflanze ihre Früchte reifen, die in einem Klima von grösserer mittlerer Temperatur mit längerem, aber wenig warmem Sommer hiermit nicht zu Stande kommt.

Betrachtet man die Vertheilung der einzelnen Pflanzenarten, so sieht man bald, dass dieselbe eine sehr verschiedenartige sei; die einen haben äusserst beschränkte Standörter, andere dehnen sich über weite Strecken aus, ja es giebt einige Arten, wie z. B. die Brunnenkresse, die fast über die ganze Erde verbreitet sind. Die Pflanzen mit beschränkten Standörtern sind begreiflicher Weise geeigneter, einzelne Regionen zu charakterisiren, da ihre Vegetation eben an genau umgrenzte Verhältnisse geknüpft ist; theils solche Pflanzen, theils aber auch diejenigen Gewächse, welche durch besondere Charaktere, durch

grössere Anhäufung einer Gegend einen bestimmten Charakter aufdrücken, dienen dazu, die Floren der einzelnen Regionen unseres Erdballes unterscheiden zu lassen. Die Grenzen dieser einzelnen Floren gehen freilich in einander über, indem jede Gattung und Familie einen besonderen Verbreitungsbezirk hat, der gewöhnlich nicht mit demjenigen der anderen zusammenfällt, indessen lassen sich doch bei Vergleichung der Grenzen viele fast übereinstimmende Linien finden, die dann als Hauptgrenze für einen gewissen Bezirk dienen können. Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf die einzelnen Resultate eingehen, doch müssen wir einige der Hauptregionen kurz erwähnen, da ihre Kenntniss in geologischer Beziehung von grösster Wichtigkeit ist.

§. 1046. Die Flora der heissen Zone, welche durch die Wendekreise begrenzt ist, zeichnet sich durch eine äusserst mächtige und reiche Vegetation und durch die verhältnissmässige Ueberzahl der Dikotyledonen gegenüber den Monokotyledonen aus. Sie ist die Heimath jener Urwälder, die nicht nur durch die Höhe der Stämme von den mannigfaltigsten Arten, sondern auch namentlich durch die Unmasse niederer Pflanzen ausgezeichnet sind, welche im Schutze der hohen Wipfel den Boden dicht bedecken, und ausserdem überall an den Baumstämmen hinaufkriechen und sie mit schmarotzenden Arten bedecken. Die Lianen und die grossen parasitischen Orchideen dienen wesentlich dazu, diesen Urwäldern ihre eigenthümliche Physiognomie zu verleihen, deren Dach und Unterholz so dicht sind, dass selbst bei dem heftigsten Tropenregen kein Tropfen unmittelbar den Boden berührt. Alle diese Wälder haben während des ganzen Jahres eine fast gleichmässige Temperatur und eine feuchte, warme Atmosphäre, in welcher die Vegetation sich beständig fortsetzt, ohne dass ein Halt sich zeigt. Die Blätter fallen niemals ab, besondere Blüthe- und Fruchtzeiten existiren nicht. Der äussere Anblick dieser Wälder ist ausserordentlich verschieden von dem der unsrigen, indem bei uns stets nur wenige Baumarten einen Wald zusammensetzen, während dort die Mannigfaltigkeit ungemein gross ist. Hierzu kommen noch die besonderen Formen einzelner Waldgewächse, die in gemässigten Zonen nicht gekannt sind und wozu die Palmen, die Pisangbäume, die Drachenbäume, die baumartigen Farren, die Bambusrohre, die baumartigen Aroideen, die Lorbeer-, Pfeffer- und Wachsbäume, die Myrthen und Cactusarten gehören.

Neben diesen Tropenwäldern finden sich weite Strecken, wo durch die besonderen Temperatur- und Bodenverhältnisse ein durchaus abweichender Anblick der Pflanzenwelt hergestellt wird. Der schroffe Gegensatz der Regenzeit und der trockenen Zeit bedingt in den Savannen oder Pampas einen ganz ähnlichen Gegensatz der Vegetation, die während der warmen, trockenen Zeit fast vollkommen aufhört und

plötzlich in ausserordentlicher Ueppigkeit mit der Regenzeit wieder erscheint. Ansserdem lassen sich in der Tropenzone noch zwei untergeordnete Floren unterscheiden, diejenige des Aequators, welche etwa bis zum 15. Grade reicht, und diejenige der Wendekreise, die vom 15. bis zum 24. Grade Breite geht, nnd von denen die erste hauptsächlich durch Palmen und Scitamineen, die zweite durch baumartige Farren, Pfefferbänme nnd Melastomeen charakterisirt ist. Erhebt man sich unter dem Aequator bis zu einer Höhe von 600 Metern über dem Meere, so tritt man in diese zweite Vegetationszone ein, welche in vieler Beziehung eine überraschende Aehnlichkeit mit derjenigen der Kohlenzeit zeigt.

Der Uebergang aus der Tropenzone in die gemässigte wird durch eine Flora hergestellt, welche etwa der Isotherme von 20 Graden entspricht nnd sich bis zum 34. bis 36. Grade nördlicher Breite erstreckt. Man sieht dort noch Palmen, Drachenbäume und baumartige Farren; die Myrthen, Lorbeerbänme, die Proteaceen und Magnoliaceen haben dort ihre grösste Entwickelung, und zu diesen tropischen Formen gesellen sich schon eine Menge von Pflanzen, an deren Anblick wir gewöhnt sind.

In der eigentlichen **gemässigten** Zone unterscheidet man zwei §. 1047.
Unterzonen, die eine zwischen den Isothermen von 15 bis 10 Graden, die andere zwischen den Isothermen von 10 bis 5 Graden. Die wärmere dieser Zonen zeigt sich in unserer Nähe, besonders in der Umgebung des Mittelmeeres, und zeichnet sich durch einige wenige Palmen, die Dattelpalme und die Zwergpalme, durch die Myrthe nnd den Granatbaum, den edlen Lorbeer, durch den Oleander und den Oelbaum, die grünen Eichen und die Korkeichen besonders aus. Die charakteristischen Bänme verlieren im Winter ihre Blätter nicht, so dass noch in dieser mittelländischen Flora eine gewisse Beständigkeit während des ganzen Jahres herrscht. Weiter nach Norden hin treten wir in die Zone der Wiesen- und der Waldbänme mit hinfälligem Laube, wo im Winter die Vegetation erstirbt, um im Frühjahr wieder neu aufzuwachen. Gegen Norden hin wechselt der Charakter insofern, als die Laubbäume nach nnd nach abnehmen, die Eiche zuerst, dann die Buche, zuletzt die Birke, und dass endlich nur noch Zapfenbäume als waldbildendes Element übrig bleiben. Die Torfmoore sind ebenso wie die Wiesen charakteristisch für diese ganze Zone, die sich über Schweden und Norwegen hinauf erstreckt. Zuletzt kommt dann die **Polarzone**, wo keine baumbildenden Gewächse mehr sich finden, die Flechten, Moose und Binsen überhand nehmen, und ausserdem nur krautartige Pflanzen während der geringen Zeit des Sommers gedeihen können.

Auf der südlichen Erdhälfte zeigen sich ähnliche Verhältnisse wie auf der nördlichen; doch zeigt sich Australien in ganz eigenthümlicher Weise, so dass ein bekannter Botaniker früher, als man diese Flora

noch nicht genau kannte, beim Anblick eines Herbariums ausrufen konnte, „man glaubt auf dem Maskenball zu sein.“ Die Wälder werden hauptsächlich von Eucalyptus und Akazien gebildet, welche statt Blätter nur grüne Stacheln besitzen. Auf den Inseln sind es namentlich die Farrenkräuter, welche der ausserordentlichen Feuchtigkeit der Atmosphäre wegen über sämmtliche andere Gewächse hervorragen und der Vegetation einen speciellen Charakter aufdrücken.

§. 1047 a. Von ganz besonderer Wichtigkeit erscheint für die Verbreitung auch die frühere geologische Gestaltung des Bodens. Unsere jetzt existirenden Pflanzen sind mehr oder minder umgewandelte Nachkommen der früheren und aus ihrem Verhalten und ihren Beziehungen zu diesen lassen sich vielfache Schlüsse über das frühere Verhalten der Länder selbst ziehen. So zeigt sich die Flora der britischen Inseln in mannigfaltiger Weise gemischt, indem zwar der Grundstock derselben aus Pflanzen besteht, welche im nördlichen Frankreich und Deutschland einheimisch sind, mit denen sich aber in Schottland und auf den Gebirgen nordische Pflanzen, die in Lappland, Island und Grönland einheimisch sind, im Südwesten Arten, welche aus der Bretagne und Normandie stammen, und in Irland andere Pflanzen mischen, die im nördlichen Asturien und in Spanien heimisch sind. Diese letzteren Pflanzen sind ohne Zweifel die Reste der ältesten Flora und stammen aus einer Zeit her, wo ihr Land durch einen zerstörten Continent mit Asturien zusammenhing. Später wurde dieser Zusammenhang zerrissen und es wanderten die Pflanzen der Bretagne ein. Dann kam die Eiszeit mit ihrer nordischen Flora und zuletzt unmittelbar vor dem vollständigen Durchbruche des Canals wanderten die Pflanzen aus Nordfrankreich ein und erdrückten allmälig im Kampfe um das Dasein die übrigen, denen die veränderten Lebensbedingungen nicht mehr so günstig waren. Ebenso lässt sich namentlich aus dem Umstande, dass in vielen Ländern durch den Menschen eingeschleppte Arten nicht nur vortrefflich gedeihen, sondern sogar die einheimischen Pflanzen verdrängen (wie z. B. europäische Disteln in den Plata-Ländern), nachweisen, dass die einheimische Flora nicht aus den im Lande gegebenen Bedingungen als die geeignetste hervorging, sondern dass sie eben nur das für die Bedingungen geeignetste Produkt ihrer Vorgänger ist, während die wirklich dem Klima und dem Lande am meisten angepassten Pflanzen vor der Dazwischenkunft des Menschen nicht dorthin gelangen konnten.

§. 1048. Die geographische Verbreitung der Thiere, so weit sie bis jetzt erforscht ist, lässt als erstes Gesetz die Wahrheit erkennen, dass eine jede Thierspecies, welches auch die Macht ihrer Bewegungsorgane sein möge, einen bestimmten Verbreitungsbezirk besitzt, den

sie nicht verlässt und ausserhalb desselben man sie naturgemäss nicht heimisch findet. In der Mitte dieses Bezirkes ist die Art stets am vollständigsten entwickelt; an den Grenzen verkümmert sie nach und nach, bis die gänzlich verschiedenen Lebensbedingungen ihre Fortdauer und Fortpflanzung unmöglich machen. Die Industrie des Menschen hat nur bei einigen Arten von Hausthieren dies Naturgesetz einigermassen abgeändert, das ebensowohl für die an dem Boden befestigten Thiere als für diejenigen Arten gilt, welche weiter Reisen fähig sind. Die Grösse dieser Verbreitungsbezirke ist für jedes Thier eine verschiedene, und im Allgemeinen zeigt es sich, dass die fleischfressenden Thiere derselben Gegend einen grössern Verbreitungsbezirk besitzen, als die mehr an den Boden gefesselten Pflanzenfresser. Es gilt dies Gesetz in ebenso grosser Schärfe für die sesshaften Thiere, als für die leicht beweglichen; ja bei letzteren scheint die grosse Bewegungsfähigkeit weit mehr darauf berechnet zu sein, sie stets wieder in ihren Bezirk zurückzuführen, als sie wandern zu lassen. Bei einigem Nachdenken wird man dies sehr natürlich finden. Man kann wohl sagen, alle sesshaften Thiere haben eine gewisse Periode, während welcher sie als Embryonen, Larven oder Junge sich fortbewegen können; — sind sie einmal verschlagen und an falschen Orten angeheftet, so müssen sie den dort vorkommenden Verhältnissen sich anpassen. Anders ein wanderndes Thier. Dieses verlässt den Ort, wo es nicht alle ihm zukommenden Verhältnisse findet, und geht immer wieder dahin zurück, wo diese Verhältnisse sich ihm darbieten, d. h. an seinen ursprünglichen Wohnort.

Man hat auf der Oberfläche der Erde verschiedene Faunen oder §. 1049. zoologische Provinzen unterschieden, welche, meist nach geographischen Indicien abgeschieden, eine bestimmte Anzahl von Thieren aller Arten in sich begreifen, unter welchen sich einige finden, welche ausschliesslich dieser Gegend angehören und dadurch der thierischen Gesellschaft, welche sie bewohnt, einen eigenthümlichen Charakter aufdrücken. So ist z. B. die Fauna Neuhollands durch das nur dort vorkommende Schnabelthier, diejenige Süd-Amerikas durch die Faulthiere und Zahnlosen, die afrikanische Fauna durch die Giraffe, die polare im Allgemeinen durch das Wallross charakterisirt, und neben diesen charakteristischen Geschöpfen findet sich eine Menge anderer, welche, weniger eigenthümlich, mit ähnlichen Thieren anderer Faunen verwechselt werden können. Man umgrenzt demnach die einzelnen Faunen vorzugsweise nach den typischen Thieren, welche denselben den eigenthümlichen Charakter aufdrücken. Es ist zwar nicht zu läugnen, dass hierbei viele Willkürlichkeit herrscht, indem diesem Naturforscher das eine, jenem das andere Thier als vorzugsweise typisch erscheinen kann, dass ferner die einzelnen Thiere nicht genau denselben Bezirk inne haben, indem z. B. der weisse Fuchs weiter südlich geht, als der weisse Bär, und demnach die arktische Fauna, nach dem einen bestimmt, weiter

hinabreichen würde, als nach dem andern; — indess sind doch diese Unbestimmtheiten mehr theoretisch als praktisch, indem immer eine gewisse Grenze durch die ganze Gesellschaft gebildet wird, welcher das typische Thier vorsteht, und Uebergriffe nur an den Grenzen vorkommen, wo verschiedene Gebiete in einander greifen.

Entwirft man daher auf Karten die Verbreitungsbezirke aller wichtigeren Thiere, so ergiebt sich bald, dass diejenigen einer bestimmten Fauna sich stets innerhalb des allgemeinen Bezirkes decken, an den Grenzen aber eine Art von sägeartigem Ineinandergreifen herrscht, dessen Mittellinie ziemlich leicht zu ziehen ist. Bei der Bestimmung der einzelnen Floren oder der Verbreitungsbezirke der Pflanzen findet ganz dasselbe Verhältniss statt.

§. 1050. Die Beschaffenheit des Elementes, in welchem die verschiedenen Thiere leben, hat den wesentlichsten Einfluss auf die geographische Verbreitung derselben, wie sich dies leicht denken lässt. Man kann in dieser Beziehung sehr wohl die Land- und die Meerthiere von einander trennen, und auf dem festen Lande selbst noch Unterschiede zwischen den Faunen des süssen Wassers und des festen Landes aufstellen. Dem Wasser im Allgemeinen gehören jene niedrigen Organismen an, welche nebst den Mollusken, die ebenfalls grösstentheils Wasserbewohner sind, den wesentlichsten Einfluss auf die Bildung der Erdschichten gehabt haben. Ebenso sind die niedrigsten der Wirbelthiere, die Fische, gänzlich und die Amphibien in ihrer Jugend Wasserbewohner. Von den höheren wirbellosen Thieren, den Gliederthieren, gehören die Crustaceen mehr dem Wasser, die Insecten dagegen und unter den Wirbelthieren die Reptilien, Vögel und Säugethiere mehr dem festen Lande an. Im Allgemeinen darf man daher behaupten, dass die höheren Formen desselben Reiches auf dem festen Lande, die niedrigeren im Wasser leben, und hieraus ergiebt sich schon eine gewisse Inferiorität der älteren Schöpfungsepochen, während welcher die Ausdehnung des festen Landes nur eine äusserst beschränkte war und das Meer verhältnissmässig einen weit grösseren Theil der Erdoberfläche einnahm, als jetzt.

§. 1051. Unter den verschiedenen Faunen, welche jetzt auf der Erde bestehen, zeichnen sich vor allen die Polarregionen durch ihre eigenthümliche Physiognomie aus. An dem Südpol bieten diese Regionen nur Meeresbewohner, an dem Nordpol dagegen weite Strecken oder Länder, welche von verschiedenen Landthieren bewohnt sind. Die allgemeine Verbreitung der verschiedenen Thierspecies im Kreise um den Pol herum bildet den wesentlichsten Charakter der Polar-Fauna. Auf dem sibirischen, wie auf dem nordamerikanischen Continente, in dem weissen Meere, wie an den Küsten von Spitzbergen und der Behringsstrasse finden sich dieselben Arten, und zwar meistens in ungeheuren Mengen. Die Polar-Fauna endet nach Süden hin da, wo die Wälder

beginnen. Das Rennthier, der Lemming, der Eishase, der Eishär, der weisse und blaue Fuchs, der nordische Vielfrass, die Seeotter, das Wallross, der Narwal und die verschiedenen Wallfischarten, wie die Pottfische und Butzköpfe, sind die vorzüglichsten Repräsentanten der Säugethiere auf dem Festlande und in dem Meere. Landvögel sind selten, um so zahlreicher aber die Wasservögel, die Lumme und Alke, die Möven und Raubmöven, die Cormorane und Sturmvögel, die Taucher, die Pinguine und Eidergänse, welche alle von Weichthieren oder Fischen sich nähren. Reptilien und Amphibien fehlen gänzlich; unter den Fischen sind es besonders die Familien der Lachse, der Häringe und Stockfische, sowie der Lump, welche durch massenhafte Entwickelung sich auszeichnen. Unter den Weichthieren finden sich zahlreiche schlammbewohnende Muscheln und Strandschnecken, besonders aber nackte Wallfischschnecken (*Clio*) in zahllosen Schwärmen, so dass sie den riesigen Cetaceen als Nahrung dienen können. Das thierische Leben, weit entfernt, in den Polargegenden zu verkümmern, zeigt sich im Gegentheile daselbst und namentlich in den Polarmeeren in üppiger Entfaltung, die sich indess hauptsächlich darauf beschränkt, ungeheure Mengen von Individuen derselben Art zu produciren, während im Gegentheil die Mannigfaltigkeit der Arten weit geringer ist, als in den südlicheren Meeren.

Die gemässigte Zone, die man von dem Polarkreise bis etwa §. 1052.
gegen die Wendekreise hin begreift und die wesentlich durch den Gegensatz zwischen Sommer und Winter charakterisirt ist, zeigt mehrere Faunen. Die Fauna von Central-Europa hat im Norden noch die Vielfrasse, das Rennthier und die Familie der Lachse mit der Polarregion gemein, besitzt aber ausserdem den nordischen Luchs, das Hermelin, den Edelfalken, den Kreuzschnabel, den Seidenschwanz und das Blaukehlchen. In dem südlichen Theile, wo die Lauhwaldungen erscheinen, finden wir eine grössere Mannigfaltigkeit der Festlandthiere; das Elennthier, der Auerochs, das Reh, der Hirsch, der Fuchs, der Dachs, die Wiesel, Marder und Iltisse, der braune Bär, die wilde Katze, die Fischotter, die Adler, Weihen und Falken, der Lämmergeier, die wilde Taube und Gans, der Auerhahn, der Fasan und der Trappe sind bezeichnend auf dem europäischen, das gestreifte Eichhorn, der Zobel, der Moschushirsch, der schwarze Wolf auf dem asiatischen Continente, während der gewöhnliche Wolf beiden Continenten gemeinschaftlich ist. Zugleich treten Frösche, Salamander, Molche, Sumpfschildkröten, Ottern, Nattern und gewöhnliche Eidechsen hier in die Erscheinung. Unter den Fischen wiegen besonders die Karpfen, Weissfische und Hechte, unter den Weichthieren die Flussmuscheln und Teichhornschnecken vor.

In Nordamerika zeigt sich auf dem Festlande eine ähnliche Gradation. Der nördliche Theil der gemässigten Zone zeigt analoge Pelz-

thiere, den Waschbär, den gelben Vielfrass, den Prairiewolf, den Baribal, den canadischen Biber, die Zibethmaus, eine Unmasse von Füchsen, Mardern und Wieseln, sowie den Bisamochsen und das Reunthier. Im südlichen Theile dieser Zone kommen dann der canadische Hirsch, der weisse Adler, der Truthahn, die Wandertaube, die Schnappschildkröte und Klapperschlange, der Ochsenfrosch und die Fischmolche, die Knochen- und Kahlhechte.

In dem Meere entspricht dieser Zone die Nordsee und derjenige Theil des atlantischen Oceans, welcher von der amerikanischen Küste begrenzt wird. Die Seehunde, die Stockfische und die Häringe, die Hummern und Taschenkrebse, die Pfahlwürmer, die Seesterne und Seeigel zeichnen sich in dieser Meeresfauna besonders aus.

Die südlichere Abtheilung der gemässigten Zone zeigt in der alten Welt die mittelländische Fauna, die ebenso auf dem Festlande wie in dem Meere eigenthümlich ist, und sich über alle drei Continente im Umkreise des Mittelmeeres erstreckt. Der Löwe, der Schakal, das Stachelschwein, die Scorpionen, in den Steppen Centralasiens das Kameel und der wilde Esel charakterisiren besonders diese Fauna, während in dem Becken des Mittelmeeres besonders Delphine, Meerschweine und Lederschildkröten sich zeigen. Unter den Fischen sind es besonders die Familien der Makrelen, der Schwertfische, der Meerbrassen und Zitterrochen; unter den Crustaceen die Scham- und Vollkrabben; unter den Kopffüsslern die Argonauten, die Terebrateln und Bohrmuscheln, sowie die vielfachen schwimmenden Quallen und Salpen, welche dem Mittelmeere einen eigenthümlichen Charakter verleihen. Ausserdem besteht ein wesentlicher Charakter der Meere der gemässigten Zone darin, dass wohl Muschelbänke, wie z. B. Austernbänke, aber keine Korallenriffe in ihrer ganzen Ausdehnung existiren.

§. 1053. In der heissen Zone lassen sich nach den grossen Continentalabtheilungen ebenso viele Faunen unterscheiden. In der asiatischen sind der Königstiger, der Lippen- und Palmenbär, die Elephanten, Nashörner und Tapire Indiens, die schmalnasigen Affen, der Babirussa, eine Menge kleiner bärenartiger Raubthiere die wesentlichsten Repräsentanten der Säugethiere, zu denen sich unter den Reptilien die Gaviale, die giftigen Seeschlangen und die schnappenden Flussschildkröten gesellen. Das tropische Afrika zeigt den Löwen, den Serval und den Jagdtiger, eine grosse Anzahl von Gazellen, das Nilpferd und die Giraffe, das Nilkrokodil, den Strauss, den Flösselhecht und den Schuppenlurch als charakteristische Repräsentanten der Wirbelthiere; während in Südamerika, das einen Continent für sich bildet, besonders die zahnlosen Säugethiere, die Faulthiere und Gürtelthiere, die breitnasigen Affen, die Lamas, die Pekaris, die Tapire charakteristische Bewohner sind. Der Jaguar und der Kuguar sind die grössten Raubthiere dieser südamerikanischen Zone, in der unter den Flussfischen

die Welse und Panzerwelse in besonders grosser Zahl sich vorfinden. Die Eidechsen haben hier alle angewachsene Zähne, während ihre correspondirenden Gattungen der alten Welt aufgewachsene Zähne besitzen, und statt der eigentlichen Krokodile treten besonders die Kaimane hervor.

Australien endlich steht hinsichtlich seiner Fauna ebenso isolirt, wie in Beziehung auf seine Flora, indem mit nur wenigen Ausnahmen alle eingeborenen Säugethiere dieses Continentes den Beutelthieren angehören.

Die Meeresfaunen der Tropengegenden, die nicht so wie in der nördlichen Hälfte durch weite Continentalerstreckungen in genauer begrenzte Regionen getheilt sind, zeigen dennoch Verschiedenheiten je nach den besonderen Küsten, gleichen sich aber darin, dass sie alle grosse Korallenriffe besitzen, die ganze Inseln und Länder einzäunen und eine höchst eigenthümliche Fauna bergen, welche in den stillen Gewässern der Atolls und Lagunen einen Zufluchtsort suchen. Hier finden sich vorzüglich die Lederfische, die Harthäuter und die in den lebhaftesten Farben schimmernde Familie der Schuppenflosser. Der Hai mit Mahlzähnen ist in Australien und Japan verbreitet, während der Dugong vorzüglich das rothe Meer und den persischen Golf besucht. In der Sunda begegnen wir dem Nautilus und dem Posthörnchen, den einzigen Repräsentanten der vielkammerigen Cephalopodenschalen der Vorwelt; wir finden dort die Riesenmuscheln, die Lochmuscheln, die Trigonien; unter den Schnecken die glänzenden Familien der Kegel- und Porzellanschnecken in ihrer höchsten Entfaltung und in den Korallenriffen die reichste Entwickelung der Stachelhäuter in allen Formen und Familien. Leider sind die Verhältnisse dieser südlichen Meere, die gerade für die Geologie von besonderer Wichtigkeit sind, da die älteren Meere der gemässigten Zone meist einen mehr tropischen Charakter hatten, noch nicht so genau untersucht, als es in mancher Beziehung wünschbar wäre.

Es würde hier zu weit führen, in die eigenthümlichen Charaktere §. 1054.
der einzelnen Faunen näher einzugehen und zu zeigen, wie eigenthümlich die Verkettung jener Thiergesellschaften unter sich sowohl, als mit den benachbarten Faunen und denjenigen, welche einem andern Elemente angehören, sich gestaltet; — wie die Existenz einer besonderen Thierart, welche ausschliesslich einer bestimmten Fauna angehört, auf diejenige der anderen Glieder derselben Fauna zurückschliessen lässt, und wie die eigenthümlichen Bedingungen, welche in den verschiedenen Zonen auf die Entwickelung des thierischen Lebens einwirken, sich eben aus ihren verschiedenen Resultaten ableiten lassen. Dieselbe Verkettung, welche in unserer Zeit das gesellige Zusammenleben der eine Fauna bildenden Thierarten bedingt, lässt sich auch in den Local-Faunen älterer Schöpfungsepochen nachweisen, und wenn

aus den Gesetzen des organischen Lebens heut zu Tage hervorgeht, dass das Wallross sich nicht in dem Korallenmeere und das Schnabelthier nicht in Gesellschaft des Rennthieres finden kann, so gelten analoge Gesetze auch für die Verbreitung und Vergesellschaftung der Thiere in älteren geologischen Formationen.

§. 1055. Ganz in ähnlicher Weise wie für die Pflanzen, ist auch für die jetzige Verbreitung der Thiere ihre Herkunft aus früheren Epochen maassgebend, während welcher Land und Meer in anderer Weise vertheilt waren, als jetzt der Fall ist. Aus diesem Umstande, der sich häufig noch durch anderweite geologische Thatsachen erhärtet, lassen sich häufig dio scheinbar seltsamsten Widersprüche in der Verbreitung einzelner Arten erklären, so wie andererseits aus dem Mangel mancher geologischen Bildungen auch wieder die eigenthümliche Entwickelung der Thierwelt ganzer Erdtheile hervorgeht. So erscheint die Fauna Australiens und der zu ihm gehörigen Inselgruppen eben so eigenthümlich wie die Flora und bei genauerer Vergleichung glaubt man sich wenigstens in die Epoche der Kreide, ja diejenige des Jura zurückversetzt. Nachkommen dieser Fauna und Flora lassen sich in Europa bis in die mittlere Tertiärzeit, innerhalb der Wendekreise aber bis in die Jetztzeit nachweisen und sind namentlich in Südamerika so häufig, dass man dieses und Australien mit seinen Inselgruppen gewissermassen nur als losgetrennte Spitzen eines gewaltigen südlichen Continentes auffassen könnte, der jetzt theils unter das Meer gesunken, theils unter ewigem Eise vergraben ist. So hat **Rütimeyer** für die Säugethiere namentlich sehr schön nachgewiesen, dass sowohl der europäisch-asiatische als nordamerikanische Continent etwa bis zum 40. Grade nördlicher Breite hauptsächlich Formen zeigt, deren Stammeltern in dem Diluvium vorkommen, so dass also diese ganze Säugethierfauna ein diluviales Gepräge trägt. Um das Mittelmeer, wie um den Mexikanischen Meerbusen herum findet er pliocänes, um das Rothe, Persische, Indische und Chinesische Meer miocänes Gepräge, welches in Südamerika, hauptsächlich längs der Stromgebiete, des Orinoco- und des Amazonenstroms eigenthümlich modificirt ist, während an der Küste von Guinea in Westafrika mehr eocänes Gepräge sich geltend macht. Selbst für die Verbreitung der einzelnen Menschenrassen können ähnliche Beziehungen geltend gemacht werden. Indessen sind alle diese Untersuchungen noch nicht so weit vorgeschritten, um darauf vollgiltige Schlüsse bauen zu können.

§. 1056. Hinsichtlich der Verbreitung der Thiere je nach der **Höhe über** oder der **Tiefe unter dem gewöhnlichen Meeresniveau** haben die neuesten Untersuchungen ebenso bestimmte Gesetze ergeben, welche namentlich hinsichtlich der verticalen Verbreitung der Meeresbewohner von der grössten Wichtigkeit für die Geologie und Paläontologie erscheinen. Die Thiere sind nicht zufällig in dem Meere vertheilt, sie

bilden hier nach der Tiefe von oben nach nnten eine Reihe von verschiedenen Regionen, welche ebenso sehr nnter sich verschieden sind, wie die verschiedenen Faunen nach ihrer horizontalen geographischen Verbreitnng. So kann man an den Küsten unserer gemässigten Zone, welche Ebbe nnd Flnth besitzen, an der Westküste Frankreichs, Grossbritanniens und Norwegens mehrere bestimmte Regionen unterscheiden, welche je nach der Höhe der Flnth sich vertheilen. In der oberen Region, an der äussersten Fluthgrenze finden sich die Balanen, die klippenbewohnenden Actinien, nnd einige wenige Mollnsken, meistens den Bauchfüsslern angehörig, worunter besonders *Purpura lapillus*. Dieser Region folgt diejenige der grössern Entwickelung von Fucusarten und Tangen mit einer Menge von Gasteropoden, besonders Patellen, Litorinen und Neriten, sowie Tnrbo und Nassa, mit Ascidien, rothen Actinien, mit essbaren Miesmnscheln, nnd auf sandigem Grnnde zahlreiche Anneliden nnd Röhrenmuscheln, deren Behausung während mehrerer Stunden von der Ebbe entblösst wird. Hieranf folgt die Region der Corallinen, welche nnr bei starker Ebbe trocken gelegt wird und wo zu den Miesmuscheln und Patellen sich grüne Actinien, Seeohren, Käferschnecken (*Chiton*), nackte Bauchfüssler, Schwämme nnd Alcyonien gesellen. Die Gattnngen Cerithium, Rissoa sind besonders häufig an den Tangen, unter welchen *Zostera marina* förmliche Wiesen bildet. Im Sande leben besonders viele Röhrenwürmer (*Arenicola*, *Terebella* etc.), im Sande, der nicht zu viel Schlamm enthält, besonders klaffende Mnscheln mit Athemröhren, wie *Venus*, *Solen*, *Mya*, *Cardium* n. s. w. Endlich an den tiefsten Grenzen der Ebbe zeigen sich nebst Laminarien und anderen specifisch verschiedenen Tangen eine Menge von Mollnsken, Kammmuscheln, *Mactra*, *Tellina*, *Psammobia*, *Donax*, grossen Seesternen, Holothurien, Seeigeln, Ascidien, Nacktkiemern, und im Thone besonders Pholaden nnd ähnliche Bohrmuscheln. Unterhalb dieser Zonen und beständig vom Wasser bedeckt, findet sich die Region der Mnschelbänke, der Anstern und der ihnen verwandten einmnskeligen Mnscheln, wie besonders der Kammmnscheln, sowie der Archenmuscheln nnd Anomien, zwischen welchen zahlreiche Strahlthiere, Seeigel, Röhrenanneliden etc. hausen, und endlich in einer Tiefe von 20 bis 40 Klaftern breitet sich die Region der Korallen mit zahlreichen Mollnsken nnd Crustaceen aus, die man sich nur mittelst der Ansternschleppe verschaffen kann; noch tiefer endlich, bis zu einer Tiefe von 100 und mehr Klaftern findet man die Brachiopoden, besonders Terebrateln, mit einzelnen eigenthümlichen Korallenarten. In dem ägeischen Meere wurden besonders durch Forbes Untersuchnngen angestellt. Abgesehen von den localen Modificationen, welche dnrch Flusswasser und dnrch den Seegrund herbeigeführt werden, hat Forbes hier etwa acht Regionen unterschieden, die bis in eine Tiefe von mehr als 400 Metern hinabgingen. Es zeigte sich durch diese Unter-

suchung, dass eine jede Art in einer gewissen Zone ihr Maximum hat, von welcher aus sie bald mehr oder minder in weitere Zonen übergreift, und dass es im Ganzen nur zwei Arten von Mollusken in diesem Meere giebt, die *Arca lactea* und *Cerithium linea*, welche in allen Tiefen vorkommen.

§. 1057. Während man früher glaubte, dass in einer Tiefe von etwa 400 Faden das thierische Leben im Meere gänzlich aufhöre, haben die neuesten Untersuchungen, namentlich der englischen, nordamerikanischen und skandinavischen Naturforscher auf das Ueberzeugendste dargethan, dass auch in den grössten Tiefen des Meeres eine sowohl an Arten als an Individuen reiche Fauna vorkommt, deren Vertheilung sogar weniger von der Tiefe als von der Temperatur der verschiedenen Strömungen abzuhängen scheint, welche in den untermeerischen Regionen sich zeigen. Von ganz besonderem Interesse ist hier, dass nicht nur in grossen, sondern auch in geringeren Meerestiefen eine eigenthümliche schleimartige belebte Masse existirt, welcher man den Namen *Bathybius* gegeben hat, und in der kleine Concretionen existiren, *Coccosphära*, welche Hemdknöpfen nicht unähnlich sehen. Ueber ungeheure Strecken sind tiefe Lager von noch lebenden Rhizopoden verbreitet, deren Schalen durch ihre Anhäufung einen förmlichen Kreideschlamm darstellen, und unter welchen die Gattung *Globigerina* die häufigste ist. Nach Carpenter giebt es auch unter den höheren Typen von Mollusken, Stachelhäutern, Korallen und Schwämmen in dieser Tiefe Arten, welche mit denen der Kreide übereinstimmen, und überhaupt geht nach diesem Beobachter aus den bisherigen Untersuchungen das Resultat hervor, dass man aus dem Mangel an Organismen nicht auf die Tiefe schliessen kann, in welcher ein Gestein abgesetzt wurde, und dass zweitens in derselben Tiefe und demselben geologischen Horizont in unmittelbarer Nähe neben einander Ablagerungen gebildet werden können, welche sowohl mineralogisch als auch hinsichtlich ihrer Fauna gänzlich verschieden sind und diese Verschiedenheit nur der Existenz zweier Strömungen von verschiedener Richtung und verschiedener Temperatur verdanken. So existiren in dem Raume zwischen Nordschottland und den Faröern zwei Tiefengebiete, von denen das eine kalt, das andere warm ist, indem in dem einen der Polarstrom, in dem andern der Golfstrom sich fühlbar macht, wo in dem einen Sandstein mit höchst wenig nordischen, in dem andern Kreide mit den ihr entsprechenden Muscheln und Wurzelfüssern in grosser Zahl abgesetzt wird. Beide Ablagerungen, an sich so verschieden, würden bei Trockenlegung des Meeresbodens sich unmittelbar in einander fortsetzen und dadurch den Geologen den Beweis geben, dass trotz mineralogischer und faunistischer Verschiedenheit sie dennoch derselben Zeit und demselben Meeresbecken angehören. Wie man sieht, sind diese Untersuchungen

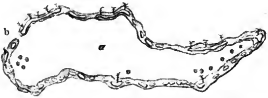
von ausserordentlicher Wichtigkeit für die Geologie, bedürfen aber zu allgemeiner Anwendung um so mehr noch häufiger Wiederholung, als die Verschiedenheit der Temperatur ein Moment ist, welches für frühere Perioden nur aus seiner Wirkung erschlossen, nicht aber unmittelbar nachgewiesen werden kann.

Die Verschiedenheit des Bodens äussert einigen Einfluss auf die Vertheilung der Thiere innerhalb der genannten untermeerischen Regionen. Auf nacktem Felsboden siedeln sich hauptsächlich in den nördlichen Meeren Muschelbänke, in den südlichen korallenbildende Polypen an; zu ihnen gesellen sich schalentragende und nackte Gasteropoden, Ascidien und andere Thiere, welche eines festen Bodens zu ihrer Fixirung bedürfen. Auf sandigem Boden leben in grösster Anzahl die röhrenbauenden Würmer, die freilebenden Muscheln, die Seesterne und Seeigel; im Schlamme endlich andere Röhrenmuscheln mit mannigfachen Arten von Zoophyten und anderen nackten Weichthieren. An Kalkfelsen siedeln sich zumeist steinbohrende Muscheln, auf Granit fleischfressende Seebewohner an. Der Wechsel des Bodens, die Versandung einer Bucht oder das Wegspülen der vorhandenen Sand- und Kiesablagerungen kann demnach den wesentlichsten Einfluss auf die Bewohner des Meeresgrundes haben und den Charakter derselben durchaus verändern. Es erklärt sich daraus auch die Verschiedenheit, welche man öfter in den Fossilien derselben Formation, je nach der Natur des Gesteines antrifft, und wir haben oben bemerkt, dass in den jurassischen Schichten schon mit Erfolg verschiedene Zonen unterschieden wurden, je nachdem der Boden des Jura mehr schlammig, sandig oder felsig war. Leider sind die Untersuchungen, welche in dieser Beziehung bis jetzt in den Meeren angestellt wurden, fast nur auf die Meere und Küsten unserer gemässigten Zone beschränkt gewesen. §. 1058.

Von besonderem Interesse sind noch die schwimmenden Meerthiere, welche hauptsächlich durch die Organisation ihrer Schalen dazu geeignet sind, auf weite Strecken hin von Meeresströmungen verführt zu werden. Hierher gehören namentlich die Kopffüssler mit gekammerten Schalen, die in früheren geologischen Epochen eine so ausserordentliche Bedeutung hatten, während sie jetzt nur noch durch den Nautilus und die Spirula vertreten sind. Letztere kleine Schale namentlich sieht man zu Tausenden auf der Oberfläche der südlichen Meere treiben, gewöhnlich mit zerstörtem Thiere, wie denn auch trotz der Häufigkeit der Nautilusmuscheln in Sammlungen wohlerhaltene Thiere äusserst selten sind. Schwimmende Schalen müssen allmälig sinken, indem ihr Luftgehalt durch Wasser ersetzt wird, und können so gewissermassen einen Maassstab für die Entfernung von der hohen See bilden.

§. 1059. Unter den Ablagerungen, welche noch jetzt auf der Erdoberfläche durch organisches Leben bedingt werden, finden sich einige, welche von vorzüglichem Interesse für die Geologie erscheinen müssen, und welche noch jetzt anf die Configuration der Erdoberfläche einen wesentlichen Einfluss ansüben. Hierher gehören vor allen Dingen die durch Korallenpolypen bedingten Ablagerungen, welche in den südlichen Meeren vorzugsweise sich finden, und dnrch welche eine grosse Menge von kohlensaurem Kalke aus dem Meerwasser abgeschieden nnd in fester Form an den Boden gefesselt wird. In der That besteht die Hauptmasse der Kalkkorallen aus 97 bis 99 Proc. kohlensaurem Kalke, wobei indess immer einige kohlensanre Magnesia beigemengt ist. Die thierische Materie wechselt zwischen 2 bis 9 Proc. Die Korallen selbst sind meistens in einzelnen Massen vertheilt, so dass auf dem Boden der Südsee grosse Strecken sind, die ganz leer erscheinen, während andere von Korallenriffen überdeckt sind. Die jetzige Vertheilung der Korallenriffe erstreckt sich über eine breite Zone, welche nördlich vom Aequator meist sich innerhalb des dreissigsten Grades nördlicher Breite hält, wenngleich in den bermudischen Inseln, durch den warmen Strom des Golfstromes begünstigt, dieselbe bis znm zweiunddreissigsten Grade nördlicher Breite ansteigt. Südlich vom Aequator finden sich nur einige wenige Riffe unterhalb des fünfundzwanzigsten Grades. Die hauptsächlichste Entwickelung dieser Riffe findet sich in der stillen See im Umkreise der Inselgruppen, welche die Seefahrer nach und nach entdeckt haben, in dem ostindischen und westindischen Archipelagus, an der östlichen Küste Afrikas und in dem rothen Meere. Man hat in der neuesten Zeit, je nach der Form, welche diese Riffe einnehmen, verschiedene Arten derselben unterschieden. Die Atolls oder Lagunenriffe bilden, wie Fig. 839

Fig. 839.



Karte des Atoll Bow oder Heyou im stillen Ocean.
a die Lagune. *b* Eingang der Lagune.

zeigt, mehr oder minder regelmässige Räume von ovaler oder rundlicher Form, umgeben von einem Riffe, das zuweilen gänzlich abgeschlossen, in anderen Fällen aber einen oder mehrere Einschnitte zeigt, durch welche das Meer mit dem inneren Raume oder der von dem Atoll umschlossenen Lagune communicirt. Die Zahl dieser Atolls, welche sich hauptsächlich nur in dem stillen Ocean, sowie in

dem indischen Meere an den Inselgruppen der Maldiven und Laccadiven finden, ist sehr beträchtlich, ihr Anblick äusserst eigenthümlich. Die schmale kreisförmige Erdzunge, welche sie bildet, ist meist kaum einige hundert Fuss breit, mit Kokosbäumen und dichtem Grün bewachsen. Die äussere Umgrenzung des Atolls wird von einem äusserst dichten, feinen weissen Sande gebildet, gegen welchen die Brandung tobt. Das Wasser der Lagune im Innern ist ruhig und still, sein

Fig. 840.

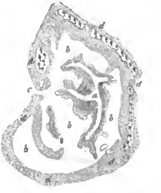


Ansicht der Insel Whitsunday im stillen Ocean.

Grund von demselben feinen Sande erfüllt, der auch den äussern Strand bildet. Die Tiefe der Lagunen im Innern ist sehr verschieden, sie beträgt meistens zwischen 20 und 40 Faden, der Atoll selbst ist meistens auf der Windseite höher und besser geschlossen, als auf der Leeseite, wo sich gewöhnlich die Oeffnung des Atolls um die Einmündung in das Meer windet. So fand Capitain Beechey auf der dreissig englische Meilen langen und etwa fünf englische Meilen breiten Bowinsel den trockenen Theil des Ringes, der die Lagune umschliesst und auf der Windseite von hohen Bäumen bedeckt ist, nur $1/6$ englische Meile breit. Der Ring selbst fällt nach beiden Seiten rasch ab, auf der äussern Seite findet sich dicht an der Brandung eine Tiefe von 6 bis 10 Faden, wenige Schritte davon schon 40 Faden und nur in geringer Entfernung ist bei 250 Faden schon kein Grund mehr, so dass demnach die äussere Seite der Atolls steil wie eine Mauer aus dem Meere in die Höhe steigt. Auf der Lagunenseite finden sich zwei Absätze. Der obere ist nur bei Hochwasser mit etwa einem Meter Wasser bedeckt; an seinem Rande fällt das Senkblei senkrecht drei Faden tief auf den zweiten Absatz, der etwa 40 Meter breit ist und treppenartig gegen den Boden der Lagune fällt, welcher von 10 bis 20 Faden wechselt, aus feinem weissen Sand besteht und dicht mit Korallenhöckern besetzt ist.

§. 1060. Ganz ähnlich in ihrem Verhalten zeigen sich die **Dammriffe** (*barrier-reefs*), welche nur dadurch von den Atolls sich unterscheiden, dass statt einer Lagune in der Mitte des Ringes sich eine Insel findet, aus anstehenden Felsen gebildet, welche festes, bewohnbares Land darbietet. Die Insel ist in diesem Falle stets von dem umgebenden Riffe durch einen Meeresarm getrennt, welcher gleich einem Festungsgraben die ganze Insel umgiebt und dessen Tiefe meist sich in denselben Grenzen hält, wie diejenige der Lagune im Innern des Atolls. Von dem inneren Felsenkerne aus erscheint dann das umgebende Riff wie ein weiter platter Gürtel (Fig. 842), welcher mit dem Kranze von Kokosbäumen den ruhigen Lagunencanal von der wogenden See abscheidet. Diese Dammriffe ziehen sich oft über ungeheuer weite Strecken längs der Küsten der Inseln und Continente hin, die Laguneucanäle, wodurch sie von dem Festlande getrennt werden, erreichen an der Nordküste von Australien in manchen Stellen eine Breite von 25 Stunden. Das Riff längs der neucaledonischen Küste (Fig. 843) hat 400 englische Meilen Länge, das australische, mit geringen Unterbrechungen, erstreckt sich über 15 Breitengrade. Die meisten Inselgruppen des stillen Oceans sind von solchen Dammriffen umgeben, deren Brandung für den Seefahrer oft äusserst gefährlich ist.

Fig. 841.



Karte der Insel Bolabola im stillen Ocean.

a Innerer Felsen. *b* Lagunencanal. *c* Eingang. *d* das Dammriff.

Fig. 842.



Ansicht der Insel Bolabola.

§. 1061. Eine dritte Classe von Korallenriffen endlich bilden die **Küstenriffe**, welche wie die Dammriffe längs der Inseln und des Festlandes

sich hinziehen, sich aber dadurch wesentlich unterscheiden, dass sie unmittelbar der Küste anliegen, und dass zwischen ihnen und dem Festlande kein Lagunencanal sich hinzieht. In dem westindischen

Fig. 843.



Karte von Neu-Caledonien mit seinen Korallenriffen, deren Ausdehnung durch punktirte Linien angegeben ist.

Ocean, an dem ostindischen Archipelagus, sowie längs der Küsten des afrikanischen und amerikanischen Festlandes finden sich hauptsächlich diese Küstenriffe, deren Zusammensetzung im Uebrigen nicht von derjenigen der Atolls und der Dammriffe abweicht.

Sämmtliche hier erwähnte Formen der Ko- §. 1062.
rallenriffe sind das Werk kleiner Zoophyten, welche sich ein eigenthümliches Kalkskelett bauen, und durch stetes Fortsprossen und Pfropfen der Jungen auf den Mutterstamm gewaltige Blöcke bilden, die selbst nach dem Tode der Polypenthiere übrig bleiben. Die mannigfaltigen Zellen, sternförmigen Löcher und gewundenen Canäle, welche man in den Korallen antrifft, dienen den bauenden Thieren, welche darin befestigt sind, als Wohnung, und die Jungen, welche sich meistens durch Sprossenbildung fortpflanzen, erscheinen an bestimmten Stellen, so dass der ganze Polypenstock eine jeder besonderen Art eigenthümliche geometrische Form erhält. Die Madreporen, Mäandrinen, Asträen und Karyophylleen sind es hauptsächlich, welche die verschiedenen Korallenriffe bilden, und während die einen dieser Geschlechter sich besonders nur im Innern der Atolls und der Lagunencanäle, auf der von dem Winde abgewandten Seite anbauen, lieben die anderen vorzugsweise die Windseite, wo die heftigste Brandung tost. Die Korallenriffe selbst bieten im Innern ihrer Lagunen und stillen Canäle einer Menge von Thieren einen willkommenen Zufluchtsort. Viele Mollusken nähren sich von den Polypen, welche in den Korallen leben, Seeigel, Seesterne, Schwärme von Crustaceen, Haufen von ein- und zweischaligen Muscheln siedeln sich im Innern der Lagune an, die durch die Abschliessung der Meereswogen einen ruhigen Ansiedlungsort gewährt.

Die Korallenthiere selbst sterben unmittelbar, sobald sie aus dem §. 1063.
Wasser kommen, und bauen deshalb nie über eine gewisse Grenze, die

meist vier bis sechs Fuss unter dem niedrigen Wasserstande sich hält. Ihr Wachsthum selbst scheint äusserst langsam zu sein, und die Bildung der Riffe sonach ziemlich stationär zu bleiben, wenigstens hat man, seitdem die europäische Schifffahrt in die Gegenden der Korallenriffe sich erstreckt, keine Veränderungen in denselben nachweisen können, und in dem Rothen Meere, über welches ältere historische Documente existiren, scheint die Unzugänglichkeit mehrerer früherer Häfen viel mehr der Versandung, als dem Wachsthum der Korallen zugeschrieben werden zu müssen.

Man glaubte früher, dass die Korallenpolypen in unermesslichen Tiefen des Meeres auf dem felsigen Grunde sich festsetzen, und von hier aus ihr Gebäude nach der Oberfläche des Meeres hin fortführen könnten. Neuere Untersuchungen haben indessen gezeigt, dass Riffbildende Korallen in keiner grossen Tiefe mehr gefunden werden. In dem rothen Meere scheinen alle diejenigen Korallen, welche sich unter 9 Faden Tiefe befinden, todte Bruchstücke zu sein, und diejenigen Geschlechter, welche Riffe bilden, wie namentlich die Asträen, leben kaum in einer grössern Tiefe, als höchstens 30 Faden. Ein Korallenriff also, welches eine bedeutend grössere Höhe besitzt, kann sich deshalb unmöglich ursprünglich in dieser Tiefe angesiedelt haben, in welcher die Polypen nicht leben können, sondern hat sich nothwendig früher auf dem Boden gebildet, als derselbe im Verhältniss zu dem Meeresniveau noch erhabener war. Da die Oberfläche eines Korallenriffes sich stets etwa in der gleichen Höhe zu dem Meeresniveau hält, so bauen die Korallen bei etwaiger Senkung des Bodens oder bei Erhebung des Meeresniveaus nach oben fort, während die in eine grössere Tiefe gerathenen unteren Korallen absterben und den fortbauenden als feste Unterlage dienen. Sobald wir demnach ein Korallenriff antreffen, welches mehr als 30 Faden Höhe besitzt, so müssen wir nothwendig annehmen, dass seit der Zeit der Ansiedlung der ersten Korallen der Boden sich gesenkt hat und die Korallen bei fortdauernder Senkung auf ihren durch diese Ursache getödeten Brüdern fortbaueten.

§. 1064. Die mehr oder minder ringförmige Gestalt der Atolls, sowie der Dammriffe, die grosse Tiefe, welche manche Lagunen im Innern zeigten, und die vulcanische Natur vieler Inselgruppen des stillen Oceans hatten manche der älteren Beobachter zu der Meinung verleitet, dass die Korallenpolypen sich auf den Rändern der Krater untermeerischer Vulcane angebaut hätten, und so die Form dieser Krater auf der Oberfläche des Meeres abzeichneten. Neuere Untersuchungen indessen liessen sehr an dieser Herkunft der ringförmigen Gestalt der Riffe zweifeln, und man versuchte deshalb Erklärungen, welche, auf die Art des Wachsthums der Korallen begründet, weit mehr Ansprüche auf Geltung zu haben scheinen.

Wirft man einen Blick auf die verschiedenen Arten von Riffen, §. 1065.
deren wir im Vorhergehenden erwähnten, so ergiebt sich, dass deren Verschiedenheit nicht sowohl in ihrer Zusammensetzung als vielmehr in ihrem Verhältniss zu dem festen Lande beruht. Ein Atoll wird als Dammriff angesehen werden müssen, sobald eine Insel in seiner Mitte sich erhebt, das Dammriff selbst wandelt sich in ein Küstenriff um, wenn der Lagunencanal, der es von dem festen Lande trennt, verschwindet. Diese einfache Betrachtung zeigt schon, dass ein gewisser Zusammenhang zwischen diesen verschiedenen Arten von Riffen existirt, und in der That finden sich auch die mannigfaltigsten Uebergänge zwischen den oben aufgestellten Classen.

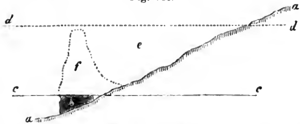
Aus den oben angeführten Wachsthumsverhältnissen der Polypen, §. 1066.
wonach dieselben nur in einer geringen Tiefe sich anbauen und leben können, ergiebt sich, dass die meisten Atolls und Dammriffe sich nicht in dem Zustande, in welchem sie sich heute befinden, ursprünglich anbauen konnten.

Die äussere Wand der Atolls wie der Dammriffe bildet meist eine fast senkrechte, nur wenig geneigte Mauer, die oft bis zu mehreren hundert Faden Tiefe hinabreicht. Aus dieser Tiefe bringt das Senkblei nur Bruchstücke von todten Korallen, deren Zwischenräume mit zusammengebackenem Kalksande, Conglomeraten, krystallisirtem Kalkspath und mannigfachen Bruchstücken abgestorbener Thiere erfüllt sind. Offenbar konnten die Korallen sich in dieser Tiefe, in welcher sie heut zu Tage nicht mehr leben können, auch in früheren Zeiten nicht anbauen. Der Boden des Korallenriffes, der heut zu Tage mehrere hundert Faden unter dem Meeresgrunde liegt, konnte sich früher nur in einer Tiefe von höchstens 20 bis 40 Faden befinden; es muss sonach dieser Boden sich allmälig gesenkt und die Korallen auf den durch diese Senkung abgestorbenen Stücken bis zu der ihrem Leben angemessenen Höhe fortgebaut haben. Je mehr der Boden sich senkte, desto mehr starben die unteren Korallen ab, und desto mehr wurde immer oben angebaut, um das Riff im angemessenen Verhältniss zu dem Meeresniveau zu erhalten.

Gesetzt nun, es baute sich ein Korallenriff längs einer Küste in §. 1067.
der Art an, dass es ein Küstenriff darstellte, welches überall derselben anläge und keinen Lagunencanal besässe. Wenn nun diese Küste, die unter einem gewissen Winkel in das Meer fällt, sich senkte, so würden dadurch die unteren Korallen, welche die Basis des Riffes bilden, getödet und die oberen veranlasst, weiter nach der Oberfläche des Meeres hin fortzubauen. Die auf diese Weise gebildete Mauer, die in senkrechter Linie anwächst, wird indessen an ihrem obern Rande um ein Bedeutendes von der gesenkten Küste abstehen und somit zwischen

der Küste einerseits und dem Korallenriffe andererseits ein von dem Meere erfüllter Raum, der Lagunencanal, sich hinziehen. Es geht somit aus der einfachen Annahme einer fortgesetzten Senkung der Küste die Nothwendigkeit einer Umwandlung des Küstenriffes in ein Dammriff hervor. In der beistehenden Fig. 844 sei *a* die Küste, an welcher sich das Küstenriff *b* abgelagert hat, das Niveau des Meeres befand sich zur Zeit der Bildung des Küstenriffes auf der Linie *cc*. Wenn nun dies Niveau in Folge der allmäligen Senkung der Küste bis auf

Fig. 844.



Umwandlung eines Küstenriffes in ein Dammriff durch allmälige Senkung. *a* Küste. *b* Küstenriff. *c* Jetziges Meeresniveau. *d* Künftiges Meeresniveau. *e* Lagunencanal. *f* Dammriff.

die Linie *dd* sich erhoben hätte, so würde in Folge dieser Bewegung des Bodens das Küstenriff, sowie es durch die punktirte Linie dargestellt ist, sich mauerförmig erhoben haben und in Folge dessen zwischen ihm und der Küste der leere Raum *e* entstanden sein, welcher eben den Lagunencanal darstellt, durch welchen die Küste von dem Dammriffe getrennt ist.

§. 1068. Die Bildung der Atolls erklärt sich sehr einfach auf dieselbe Weise durch eine allmälige Senkung des Bodens; es geht schon aus der Bildung des Dammriffes hervor, dass dasselbe stets mehr oder minder die Contour der Küste wiederholt, welche zur Zeit der Entstehung desselben als Küstenriff existirte, und dass sie mithin, sobald es in der Umgebung von Inseln sich bildete, eine der Gestalt der Insel entsprechende Form haben musste. Dies zeigt sich denn auch in der That bei den verschiedenen Dammriffen, welche die Inseln umgeben. Die nachfolgende Fig. 845 bietet einen Durchschnitt der Insel Bolabola, deren Ansicht und Karte wir oben gegeben haben. Das jetzige Niveau der See ist durch die punktirte Linie *a′* angedeutet, die jetzige Ausdehnung des Korallenriffes und des von ihm umgebenen Lagunencanals *c* durch die punktirte Linie *b′*. Der Fels *f*, der in der Mitte dieses Ringes sich über dem Meeresspiegel erhebt, ist in seinen Contouren senkrecht schraffirt worden. Offenbar bildete das Korallenriff einst, als das Meer noch das Niveau *a* einnahm, ein gürtelförmiges

Küstenriff b, und durch die allmälige Senkung erst wurde der Lagunencanal und das ringförmige Dammriff gebildet. Setzen wir nun aber in Gedanken diese Senkung des Felsens f, welcher den Mittelpunkt des ganzen Ringes bildet, immer weiter fort, so erhalten wir eine

Fig. 845.

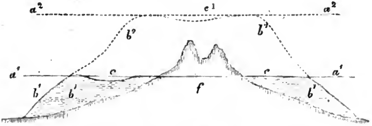


Durchschnitt der Koralleninsel Bolabola.

a Ursprüngliches Meeresniveau. b Ursprüngliches Küstenriff. a' Jetziges Meeresniveau. b' Jetzige Riffbarriere. c Lagunencanal. f Inselfelsen.

Figur, deren Durchschnitt wir hier anzeigen. Das Niveau des Meeres hat sich bis zu der punktirten Linie a^2 erhoben; der Felsen f ist

Fig. 846.



Durchschnitt der Koralleninsel Bolabola.

a^1 Jetziges Meeresniveau. b^1 Jetziges Korallenriff. c Lagunencanal. b^2 Künftiges Riff. a^2 Künftiges Meeresniveau. c^1 Lagune.

gänzlich unter der Meeresfläche verschwunden, die Korallen in ihrem steten Wachsthum nach oben haben ihn überwuchert und bilden nun den ringförmigen Atoll b^2 mit der Lagune c^1 in der Mitte.

Die Annahme einer allmäligen Senkung des Meeresbodens in dem grössten Theile des stillen Oceans, auf welche die Gesetze des Wachsthums der Korallen nothwendig hinführen, wird noch durch die wechselnde Form der Atolls sehr wahrscheinlich gemacht. Die meisten derselben sind freilich rundlich oder eiförmig, wie auch die Form der meisten jetzt bestehenden Inseln diesen Linien sich annähert. Viele derselben sind indessen auch so sehr in die Länge gestreckt und so eigenthümlich gestaltet, dass es unmöglich wäre, ihre Form aus der Existenz von erloschenen Kratern und vulcanischen Mündungen her- §. 1069.

zuleiten. Der stille Ocean bietet überhaupt in seiner ganzen Gestaltung mit seinen unzähligen Inselgruppen das Bild eines untergetauchten Continents, dessen höchste Spitzen nur aus dem Meere hervorschauen, und es scheint, nach der Häufigkeit der Atolls, welche sich in diesem Raume finden, zu schliessen, dass diese Senkung des Meeresbodens in der stillen See noch immer fortdauert.

Mehre Eigenthümlichkeiten in dem Verhalten der Atolls sprechen noch für diese allmälige Senkung der Inselgruppen des stillen Meeres. Die meisten Atolls bieten einen oder mehre Einschnitte, durch welche das Wasser der Lagune mit demjenigen des Meeres communicirt. Dieselben Einschnitte beobachtet man in den Küstenriffen und Dammriffen, und zwar stets an solchen Stellen, welche sich den Einmündungen kleiner Bäche oder grösserer Ströme gegenüber befinden. Die Polypen bauen sich da nicht an, wo süsses Wasser seinen Schlamm und seine Ablagerungen heranführt, und es entsteht somit überall den Flussmündungen gegenüber eine Lücke in dem Küstenriffe, die sich bei der Umwandlung derselben in Dammriffe oder Atolls um so mehr erhält, als das Meer bei der Ebbe und Fluth durch die ihm gebotene Oeffnung mit grosser Gewalt ein- und ausstürzt, und dieselbe auch dann noch offen erhält, wenn die erste Ursache der Bildung dieser Oeffnung längst verschwunden ist.

§. 1070. Man hat in dem stillen Meere, sowie in dem ostindischen Oceane und den benachbarten Küstenländern nach den bis jetzt vorhandenen Beobachtungen mehre verschiedene Zonen von Erhebung und Senkung des Bodens nachweisen können. So finden sich in der ganzen Länge des südamerikanischen Continents sowie in dem westindischen Archipelagus nur Küstenriffe und an vielen Stellen Muschelbänke, welche weit über dem jetzigen Meeresniveau erhaben sind. In dem grossen indischen Ocean zeigen sich überall Dammriffe und Atolls, welche für die graduelle Senkung des Meeresbodens sprechen, und ebenso beweisen die Ufer von Neuholland und von Neucaledonien durch die Existenz von Dammriffen eine allmälige Senkung des Meeresbodens. Indessen werden diese Küsten durch einen schmalen Strich von allmälig sich erhebenden Inseln, zu denen die neuen Hebriden und die Salomons-Inseln gehören, von dem sich senkenden polynesischen Inselmeere getrennt. Die Sunda-Inseln und der ganze weite ostindische Ocean im Osten von Bengalen bietet eine neue Erhebungszone dar; die Maldiven und Laccadiven beweisen durch die Existenz zahlreicher Atolls schon allmälige Erniedrigung, während die östlichen Küsten von Afrika und Madagascar wieder eine Erhebungszone zu bilden scheinen. Es könnten somit fast einzig nur nach den Ergebnissen der Untersuchungen der Korallenriffe mehrfache Zonen abwechselnder Hebungen und Senkungen nachgewiesen werden, indem Südamerika, die Hebriden, die

Sunda-Inseln nnd die afrikanischen Küsten einer noch fortdauernden Hebung unterworfen sind, während die stille See, Neuholland nnd die Maldiven einer steten Senkung des Bodens anheimgefallen scheinen.

Semper hat gegen die oben auseinandergesetzte, von Darwin herrührende Ansicht, verschiedene wichtige Einwürfe erhoben. Zuerst weisen die Tiefsee-Forschungen nach, dass Korallen allerdings in weit grösserer Tiefe wachsen, als man bis jetzt angenommen hat. Sodann zeigen die Untersnchnngen von Pourtalès namentlich, dass noch in grosser Entfernung von Florida durch die beständige Ahnutzung der Küstenriffo zahllose Trümmer von Korallen und Mnscheln in einer bedeutenden Tiefe zu einem festen Conglomerate verbnnden werden, welches den gehobenen Korallenriffen sehr ähnlich sieht, nach nnd nach wächst und endlich einen festen Felsboden darstellt, auf welchem bei fortdanernder Hebung sich lebende Korallen ansiedeln und nene Riffe aufbanen können. Ferner macht Semper darauf aufmerksam, dass gewisse steinbildende Korallen, wie namentlich Porites, ein eigenthümliches Wachsthum zeigen, indem die Mitte des Korallenstockes ausstirbt und sich vertieft, während die Ränder fortdauernd in der Peripherie zunehmen, so dass die Form eines Atolls auf diese Weise im Kleinen wie im Grossen hergestellt wird. Endlich wird das Wachsthum der Korallen auch ausserordentlich durch die Strömungen im Meerwasser modificirt; so dass also viele Arten auf der Seite des strömenden Wassers senkrechte Manern aufbanen, während sie auf der Seite des ruhigen Wassers sich flach ausbreiten. Es wäre also danach die Form der Korallenbildungen und Atolle nicht allein, wie man bisher wohl gethan, aus Hebungen nnd Senkungen des Bodens, sondern aus der Combination aller dieser Ursachen zu erklären, von denen bald die eine, bald die andere mehr in Erscheinung und Wirksamkeit tritt. §. 1071.

Wir haben bis jetzt auf die Korallenriffe nur insofern Rücksicht genommen, als sie sich in dem Meere selbst anbauen und fortwachsen; es bleibt nun noch übrig, zu erklären, auf welche Weise dieselben jene festen Landzungen bilden können, die Kokosbänmen und anderen Gewächsen und selbst dem Menschen znr Wohnung dienen können. Es wnrde schon oben bemerkt, dass die Korallenpolypen nur bis zu einer gewissen Tiefe unter dem Meeresniveau gedeihen können und dass die grösste Höhe, in welcher sie sich anbauen, der tiefsten Ebbe entspricht. Bei Sturmfluthen und niedrigem Wasserstande wird öfters das Riff entblösst, die darauf angesiedelten Meerthiere und Korallen durch die Entblössung getödtet und durch die Bewegung der Wogen und die Brandung aus den Fragmenten der Mnscheln, Schnecken und Seeigel, welche das Riff bewohnten, eine Breccie gebildet, die durch feinen Kalksand und Schlamm zu einer festen steinigen Masse znsammen- §. 1072.

gebacken wird. Diese Breccie erhebt sich beständig durch die Anschwemmung des Meeres und die Industrie derjenigen Meerthiere, welche eine momentane Entblössung nicht fürchten. Das Riff erhebt sich so nach und nach über das Wasser und bildet nun eine gleichförmige steinige Masse, ein wahres Conglomerat, das aus Schalenfragmenten, Seeigelstacheln und Korallenstücken besteht, welche durch einen weissen Kalksand zusammengebacken sind. Zuweilen spaltet sich diese Masse durch den Einfluss der Sonne oder durch die Kraft der Wogen; Blöcke von 6 und mehr Fuss Dicke werden bei bedeutenden Fluthen von dem Meere losgerissen und auf das Riff geschleudert und so allmälig ein Damm aufgeworfen, der mit einer jeden neuen Sturmfluth sich mehr und mehr erhebt, und endlich so sehr anwächst, dass nur noch bei ganz ausserordentlichen Anstrengungen das Meer ihn überstürzt. Auf diesem Walle von Conglomeraten und Fragmenten sammeln sich nun nach und nach Stücke von Treibholz; Samen, durch die Winde oder durch die Vögel herbeigebracht, keimen auf der Oberfläche des mit Sand bedeckten Walles, und allmälig bedeckt sich dieser mit frischem Grün und üppig gedeihenden Kokosbäumen und kann von den Menschen als Wohnung benutzt werden.

§. 1073. Diejenige Rolle, welche die Infusorien in dem süssen Wasser spielen, scheint theilweise am Meeresufer den **Rhizopoden** überlassen zu sein; diese halten sich vorzüglich gern an solchen Küsten auf, an welchen sich ein feiner, leichter Sand findet, und die Menge der lebenden und todten Thiere, welche sich in dem Meeressande mancher Orte finden, ist bisweilen so bedeutend, dass man sogar die Behauptung aufgestellt hatte, der Sand bestehe durchaus nur aus Anhäufungen von Schalen solcher Rhizopoden. Eine solche Behauptung kann durch die mikroskopische Untersuchung als Uebertreibung nachgewiesen werden, indem stets zwischen den Schalen der Rhizopoden sich mehr oder minder gehäufte mineralische Sandkörner befinden. Die Tiefe, in welcher Rhizopoden leben können, ist sehr bedeutend; — oft bilden sie nur eine sehr schmale Zone längs der Küste, meist aber ziehen sie sich in die grössten Tiefen hinab, in welchen sie sogar die einzigen lebenden Bewohner bilden.

§. 1074. Eine wesentliche Berücksichtigung verdienen die verschiedenen **Muschelbänke**, welche in allen Meeren vorkommen, deren Untersuchung aber leider nicht so weit befördert ist, als sie es ihrer geologischen Wichtigkeit wegen wohl verdienten. Die Muschelbänke werden hauptsächlich von einmuskeligen, ungleichschaligen Muscheln gebildet, welche truppweise sich ansiedeln und so unter dem Wasser grosse Bänke bilden, deren Ausbreitung meist dem Relief des Meeresbodens folgt. Die Austern, die Kamm- und Herzmuscheln, welche

solche Bänke bilden, siedeln sich meist nur auf felsigem Grunde oder auf vorragenden Rippen von hartem Thon, nie aber auf weichem Schlamm oder Sand im Meeresboden an. Mit der einen Schale an den Boden geheftet thürmen sie sich reihenweise über einander, stören einander wechselseitig in ihrer Ausbildung, und bilden auf diese Weise dichtgedrängte Haufen, zwischen welchen eine Menge anderer Meerthiere sich aufhalten. Die gewöhnlichsten Bewohner solcher Muschelbänke sind vor allen Dingen röhrenbauende Anneliden, welche in den Zwischenräumen und auf den Schalen selbst ihre Gehäuse anlegen, Seeigel und Seesterne und eine Menge fleischfressender Mollusken und Fische, welche sich von den Bewohnern der Bank nähren. Die Ausdehnungen solcher Bänke sind durchaus nicht unbeschränkt, sondern hängen hauptsächlich von bestimmten Umständen ab, welche noch nicht hinlänglich genau erforscht sind. Häufig nennt man auch Bänke solche Stellen, wo nur eine grössere Anzahl von Austern sich findet, die dann oft auf dem Lehm- oder Schlammboden nicht einmal festgewachsen sind. An den jütländischen und schleswigschen Küsten finden sich die Austern besonders an Stellen von 5 bis 15 Faden Tiefe, die einen festen Grund und keine reissende Strömung besitzen. Dort gehen auch die Austern oft so weit in die Höhe, dass der Frost ihnen Schaden thun kann, während an den Küsten von Frankreich, England, Belgien sie stets tief unter der äussersten Fluthgrenze sich befinden und nur durch besondere Schleppapparate hervorgebracht werden können. Die Bildung neuer Bänke an entfernten Stellen würde bei der Festhaftung dieser Muscheln unbegreiflich sein, wenn man nicht die Entwicklungsgeschichte kennte. Sämmtliche Mollusken sind in ihrem embryonalen Zustande frei und fixiren sich erst in dem spätern Alter. Viele derselben sind als Larven durch ihre Organisation und einen kräftigen Schwimmapparat zu bedeutenden Wanderungen befähigt, und die Natur hat durch dies Mittel der Verbreitung vieler, im Alter fixirter Mollusken bedeutenden Vorschub geleistet. Andere Larven sind freilich weniger zum Schwimmen befähigt, können aber unbeschadet ihres Fortlebens von den Wellen und Meeresströmungen nach grossen Entfernungen hingebracht werden. Man findet deshalb auch stets unter den mikroskopischen Thierchen, welche man an der Oberfläche des Meeres mit einem feinen Netze auffängt, eine Menge von mit Schwimmrädern versehenen Larven, welche sowohl den Schnecken als auch den Muscheln angehören und die ohne Zweifel auch häufig von solchen Muscheln herstammen, welche festgeheftet sind. Indessen sind die einzelnen Muschelbänke trotz dieser Wanderungsfähigkeit der Jungen auf bestimmte Verbreitungspunkte beschränkt, und innerhalb dieser Verbreitungsbezirke selbst hängt die Entwicklung und das Fortbestehen der Muschelbänke sehr von dem Grund und Boden des Meeres ab. Der Boden kann durch die Anhäufung der todten Schalen und der

Bruchstücke, welche auf der Muschelbank selbst statthat, so verändert werden, dass die jungen Muscheln sich nicht mehr darauf entwickeln. Die Muschelbank stirbt allmälig aus und ihre Trümmer bilden auf dem Meeresgrunde den Boden für den Absatz neuer Schichten, welche nur zuweilen einen geeigneten Grund für die Entwicklung einer andern Species oder sogar derselben früher ausgestorbenen Art abgeben. In anderen Fällen ist es die Entwicklung parasitischer Meerthiere, besonders röhrenbewohnender Anneliden, welche dem Fortbestehen der Bank den wesentlichsten Schaden thut. So kennt man an der Küste Frankreichs mehre Beispiele von ergiebigen Austernbänken, welche gänzlich durch Ueberwucherung von Hermellen zerstört wurden und an anderen Orten, wie z. B. im tertiären Kalkstein am Caspischen Meere und im Portlandkalke bei Hannover, hat man Schichten gefunden, welche gänzlich von Serpeln zusammengesetzt sind, die ohne Zweifel in ähnlicher Weise auf Bänken wucherten. Bei der Ueberhandnahme dieser Röhrenwürmer stirbt die Muschelbank selbst aus, die Anneliden, welche nur auf ihre Kosten bestehen konnten, gehen ebenfalls nach und nach zu Grunde, und auf ihren Trümmern entwickelt sich vielleicht wieder eine neue Muschelbank oder irgend eine andere Anhäufung gesellschaftlich lebender Meerthiere. Es findet in dieser Art gleichsam eine beständige Wechselwirthschaft auf dem Boden des Meeres statt, wodurch alternirende Schichten gebildet werden, die durch die Verschiedenheit der in ihnen enthaltenen organischen Trümmer und durch den wechselnden Reichthum und Armuth an organischen Einschlüssen sich auszeichnen.

§. 1075. Ausser diesen, nur hier und da isolirt vorkommenden, aber doch in den Meeren aller Zonen verbreiteten Muschelbänken bieten die Schalthiere noch durch die eigenthümliche Art und Weise ihres Lebens für die Geologie manche wichtige Anhaltspunkte. Diejenigen, welche nicht festgeheftet, sondern frei an den Ufern des Meeres leben, graben sich meist in den Sand, den Schlamm oder selbst in die Felsen des Meeresufers ein, und zwar in der Weise, dass die an ihrem Hintertheile befestigten Athemröhren in der kürzesten Linie nach der Oberfläche streben. In horizontalem Sande und Schlamme stecken deswegen die Muscheln so, dass ihre Athemröhren senkrecht nach oben reichen und das offene Ende derselben auf dem Grunde an der Oberfläche der Schlammschicht erscheint, Fig. 847 und 848. An senkrechten Felsen bohren sich die Pholaden so ein, dass ihr Loch eine wagerechte Linie bildet, und es kann somit als allgemeines Gesetz ausgesprochen werden, dass die meisten der lebenden Mollusken in ihrer natürlichen Stellung einen rechten Winkel mit der Oberfläche bilden, unter welcher sie verborgen sind, und dass ihr Hintertheil gegen diese Oberfläche hin gerichtet ist. In der Fig. 849 zeigt die Stellung der

Muscheln, dass dieselben in ihrer normalen Lage, wie sie im Schlamme stecken, zu Grunde gingen, während die Lagerung in Fig. 850 beweist,

Fig. 847.



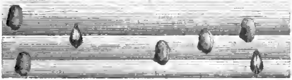
Eine Muschel in ihrer natürlichen Lage im Schlamme mit ausgestreckten Athem- und Afterröhren. Die eine Schale ist weggenommen, um das Innere zu zeigen. *a* der Mund, *b* der Mantel, *c* die Schale, *d* die Kieme, *e* die Athemröhre, *f* die Afterröhre, *g* der Fuss, *h* die Mantelbucht, *i* der Schliessmuskel.

Fig. 848.



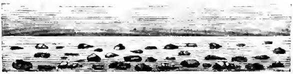
Die Muschelschale von innen, um die Stellung einer fossilen Schale danach erkennen zu können. *q* Mundrand, *r* Afterrand, *o* Unterer Rand der Schale, *h* Mantelbucht, stets das hintere Ende der Muschelschale bezeichnend, *i* und *j* Muskeleindrücke, *r* Mantelrand, *k* Schlossband, *u* Lunula, stets vor dem Schlosse nach dem Munde zu gelegen, *x* Schlosszahn, *y* Schlossgrube.

Fig. 849.



Durchschnitt einiger Schichten mit darin eingeschlossenen Muscheln.

Fig. 850.



Todte Muscheln auf dem Meeresgrunde lagernd.

dass diese Muscheln und Schnecken erst nach ihrem Tode von dem Meere angeschwemmt und so abgelagert wurden, wie es die Gestalt ihrer Schalen mit sich brachte. Die Erkenntniss dieses Gesetzes ist, wie schon gezeigt wurde, von grosser Wichtigkeit für die Geologie, indem die Mollusken durch den rechten Winkel, den sie mit der Oberfläche des ehemaligen Meeresbodens bilden, ein Maass für die Veränderung der Stellung desselben abgeben.

§. 1076. Die Crustaceen, obgleich in allen Formationen verbreitet, leben doch selten in solchen Haufen zusammen, dass sie als schichtbildende Thiere betrachtet werden können. Unter den jetzt lebenden ist es nur der Familie der Schalenflöhe oder Cypriden, welche sowohl in süssen Gewässern als auch in der Nähe des Meeresstrandes sich in ganz ungeheuren Massen ansammeln und von denen man auch in älteren Formationen ähnliche Anhäufungen kennt, die ganze Schichten zusammensetzen. Dies ist namentlich in den devonischen Gesteinen, im sogenannten Cypridinen-Schienen, sowie in der Wälderformation der Fall, und im Hafen von Wismar bildeten die Schalen einiger Arten förmliche Haufen längs des Strandes. Auch die fossile Familie der Trilobiten tritt zuweilen massenbildend auf, so dass man Schiefer findet, die fast nur aus Schalen von Battus zusammengesetzt sind.

§. 1077. Unter den übrigen Thieren, welche in der jetzigen Zeit noch in Massen auftreten, verdienen hauptsächlich die Fische besondere Berücksichtigung. Jedermann weiss, dass die Häringe, die Stock- und Thunfische, sowie die Weissfische in den süssen Gewässern oft ungemein zahlreiche Schwärme bilden, die man ihrer dichten Gedrängtheit wegen öfter mit dem Namen von Bänken bezeichnet. Dass die unverweslichen Reste dieser Thiere nach dem Tode derselben oft ziemlich bedeutende Anhäufungen auf dem Grunde des Meeres bilden müssen, versteht sich von selbst. Es treten indessen auch öfters Umstände ein, welche zur Tödtung einer grossen Zahl von Fischen Veranlassung geben. Die vulkanischen Ausbrüche, welche entweder im Meere selbst sich ereignen, oder in deren Folge glühende Lavaströme bis in das Meer vordringen, bedingen meistens den Tod von ungeheuren Massen aller Arten Seethiere. So war in Folge des Ausbruches, durch welchen die Insel Lancerota unter den canarischen Inseln verwüstet wurde, das Meer in einer so grossen Ausdehnung von faulenden Fischen bedeckt, dass man sich kaum der Insel bis auf mehre Meilen nähern konnte. Der Ausbruch der Insel Julia, nahe der sicilianischen Küste, wurde den Küstenbewohnern ebenfalls durch die grosse Menge todter Fische kund, welche an das Ufer trieben, und es könnte so noch eine Menge von Beispielen angeführt werden, welche dieselben Erscheinungen zeigen. Bei solchen Katastrophen werden natürlich alle Bewohner des Meeres

in der betreffenden Gegend getödtet, und es kann dabei von einer Aufzehrung der todten Reste durch fleischfressende Thiere nicht die Rede sein. Die einzelnen Anhäufungen fossiler Fische, welche sich in verschiedenen geologischen Formationen finden, scheinen ähnlichen Katastrophen ihr Dasein zu verdanken. Im Allgemeinen zeigen sich die fossilen Fische nicht gleichmässig, so wie die Mollusken, über grosse Strecken verbreitet; sie bilden hier und da gleichsam einzelne Nester, wie bei Monte Bolca, Glaris, Sheppey, welche darauf hinzudeuten scheinen, dass an den genannten Orten ähnliche Katastrophen stattfanden, wodurch die Fische plötzlich vernichtet und in den Ablagerungen begraben wurden.

Die Thiere des festen Landes, wenn sie auch, wie z. B. die Insecten, zuweilen in grossen Massen auftreten, können doch nach dem Tode keine bedeutenden Anhäufungen zurücklassen, da meist die Substanz abgeht, welche diese Reste umhüllt und erhält, wie dies am Meeresufer mit dem Sande und Schlamme der Fall ist. Was namentlich die Insecten betrifft, so ist die Zertheilung und Verkleinerung ihrer Reste durch die eigenthümliche Oekonomie der ganzen Classe so bedeutend, indem immer andere Arten die faulenden und trockenen Reste verzehren, und kein Theil des Körpers der Zerstörung widersteht, dass an keine Erhaltung derselben auf dem festen Lande zu denken ist. Zudem tragen die atmosphärischen Agentien das Ihrige zu der Pulverisirung und unendlichen formlosen Zertheilung aller auf dem freien Boden abgelagerten Reste bei, und es ist demnach nicht zu verwundern, wenn Insectenreste nur in stehenden Wässern erhalten werden, wo sie im Kalktuffe oder im Schlamme eingebacken ihre Form erhalten. Weit häufiger werden die Landschnecken erhalten, die sich in gemässigten Zonen beim Beginn des Winters in versteckte Orte zurückziehen und dort häufig durch die Kälte getödtet werden, während sie andererseits in heissen Zonen sich während der trockenen Jahreszeit in den Boden eingraben und dort nicht minder häufig zu Grunde gehen. Man findet deshalb überall, wo eine reiche Vegetation die Entwicklung der Landschnecken begünstigt, eine grosse Menge von ihren Schalen in der den Boden bildenden Dammerde oder noch tiefer in zersetzten Gesteinsschichten. §. 1078.

Die höheren Landthiere, Reptilien, Säugethiere und Vögel bilden nie so bedeutende Anhäufungen, dass sie in geologischer Hinsicht als massenbildend auftreten könnten. Die Erhaltung ihrer Reste scheint indess schon um deswillen von besonderer Wichtigkeit, als die Menge von ausgezeichneten Charakteren, welche das feste Gerüste ihres Körpers bietet, zur genauen Bestimmung der Arten sehr wesentliche Hülfe leiht und dadurch sowohl ein Gesammtbild der Fauna darstellt, als §. 1079.

auch zur genauern Vergleichnng der Schichten dienen kann. Wir haben im ersten Bande gesehen, welch grosse Rolle die Reptilien in älteren Zeiten, die Sängethiere in den Tertiärschichten gespielt haben, nnd es verdient demnach die Art ihrer Aufbewahrung in jetziger Zeit eine genauere Berücksichtigung.

§. 1080. Die Amphibien nnd Reptilien bewohnen ihrer Natur nach entweder feuchte, sumpfige Orte, wie die meisten Frösche, Eidechsen und Schlangen, oder Seen, Flüsse und Lagunen, wie namentlich die Krokodile. Das Meer selbst enthält hauptsächlich nnr Schildkröten, und auch diese halten sich meist in der Nähe der Küsten nnd Flussmündungen auf, in welche sie zur Legezeit hinaufsteigen, um ihre Eier in dem Sande des Ufers zu verscharren. Die Reste der kleineren Amphibien nnd Reptilien werden sich deshalb besonders in Binnenlachen, in Ablagernngen von Tuffen und Travertinen erhalten können, während die Knochen besonders der Krokodile und grösseren Schildkröten in den Deltas nnd in den Strandbildungen sich ansammeln. Viele Krokodile gehen in den Savannen nnd den Pampas zu Grunde, indem sie während der Trockenzeit sich allmälig in den Schlamm eingraben und dort einen ähnlichen Sommerschlaf halten, wie viele unserer nordischen Sängethiere und Amphibien einen Winterschlaf. Reisende haben solche eingegrabene Krokodile, deren Schlafstätte mehre Fuss unter der Oberfläche verborgen war, aus scheinbar durchaus festem Boden hervorbrechen sehen; an vielen Orten bleiben diese Thiere zurück und werden später wohlbehalten in ihren Resten gefunden. In den Deltas nnd Flussanschwemmungen ist schon weniger Wahrscheinlichkeit für die Erhaltung der Skelette im Ganzen nnd in ihrer Zusammensetzung; die allmälige Zersetzung der Muskeln nnd Bänder, die Angriffe der von faulenden Substanzen lebenden Wasserthiere (besonders Krebse und Fische) zerstückeln allmälig den Leib nnd trennen die einzelnen Knochen, die dann vom Strome je nach ihrer Schwere in verschiedene Weiten fortgeführt werden. Man findet aus diesem Grunde in älteren Schichten, wo Reste von Krokodilen nnd ähnlichen Reptilien vorkommen, meist nur den Schädel, die Unterkiefer, einzelne Wirbel und Rippen, in anderen Fällen mehr oder minder grosse Stücke des Skelettes, einzelne Theile der Rnmpf- oder Bauchwirbelsäule, die noch in mehr oder minder grossen Partien zusammenhängen; am seltensten zeigen sich die so beweglichen Stücke der Füsse vereinigt. Da indessen die wesentlichsten Charaktere dieser Thiere in dem Kopf und Schädel liegen, so lässt auch diese Art der Erhaltung noch sehr vollständige Bestimmnng und Vergleichnng zu. Von den Schildkröten finden sich meist nur die unbeweglich zusammengefügten Stücke des Rücken und Banchpanzers, die selbst bei lange fortgesetzter Maceration und Fänlniss sich nicht trennen; zuweilen noch die Schulter- und

Beckengürtel, seltener die Füsse, am seltensten Hals, Kopf und Schwanz, welche sehr beweglich und frei sind, so dass bei der Fäulniss die sie verbindenden Bänder am ersten reissen und zerstört werden. Wie geeignet die Tuffe und die Kalksinter, welche sich durch Infiltration am Meeresufer bilden, zur Erhaltung von solchen organischen Resten sind, zeigt der Umstand, dass man auf der Insel Ascension sogar Schildkröteneier mit wohlerhaltenem Fötus darin gefunden hat.

Die Vögel zeigen in der Jetztwelt eine schichtenbildende Thätig- §. 1081.
keit, von welcher man in früheren Zeiten kein Beispiel kennt. Der Guano, eine Masse von rother, bräunlicher oder weisser Farbe, die an der Luft in ein feines Pulver zerfällt, rührt ohne Zweifel seiner grössten Masse nach von dem Kothe von Seevögeln her, weshalb er auch besonders viele Knochen und Gräten von Fischen enthält. Auf einzelnen Inseln der Südsee und der Westküste Südamerikas, wo fast vollständige Regenlosigkeit herrscht, haben diese Excremente Schichten von 10 bis 14 Meter Mächtigkeit gebildet, die jetzt als Dünger für den Ackerbau der ganzen civilisirten Welt ausgebeutet werden. Wenn man auch, wie schon früher bemerkt wurde, in älteren Schichten viele Excremente besonders von Fischen, Reptilien und Säugethieren, sogenannte Koprolithen findet, so ist dennoch, wie gesagt, keine dem Guano vergleichbare Schichtenbildung bis jetzt in älteren Formationen angetroffen worden.

Die eigentlichen Landthiere und besonders die Säugethiere fin- §. 1082.
den namentlich durch drei Ursachen Erhaltung ihrer Reste in Ablagerungen, durch Ueberschwemmungen, durch Einsinken in Torfmooren oder Sandwüsten und durch Ansammlung in Höhlen und Klüften. In letzter Hinsicht braucht man nur an die Sandstürme zu erinnern, von welchen ganze Karavanen nicht nur, sondern auch die wilden Thiere der Wüsten überdeckt und vernichtet werden; von den Torfmooren ist es ebenso bekannt, dass sie an vielen Stellen nur eine trügerische Decke über einen Schlammsee bilden, durch welche die Thiere hindurchbrechen, ersäuft werden und in dem torfigen Sumpfwasser eine treffliche Erhaltung finden; von allen grossen Ueberschwemmungen endlich wird berichtet, dass dabei oft erstaunliche Mengen von Thieren zu Grunde gingen, deren Leichen auf Sandbänken, Deltas und in den Seen und Buchten angeschwemmt und von dem Schlamme und den Trümmern eingehüllt und erhalten werden. Die nicht unmittelbar unter bedeutendem Gewichte eingehüllten Thierleichen steigen durch die Fäulniss empor und werden eine Zeit lang vom Wasser schwebend erhalten, bis die durch die Fäulniss entwickelten Gase durch Platzen der faulenden Theile einen Ausgang finden. Auf diese Weise können manchmal todte Thiere in weite Strecken hingeschwemmt werden;

meist aber treten die oben angeführten Verhältnisse ein; Raubthiere greifen das schwimmende Cadaver an, zerstückeln es, und nur zerstreute einzelne Theile werden in weiten Entfernungen von den Flussmündungen gefunden werden, während mehr oder minder zusammenhängende Skelette nur in den Deltas und in den Flussanschwemmungen anzutreffen sind. Die Erfahrung bestätigt dies in Hinsicht auf die fossilen Säugethiere durchaus; überall, wo Mischung von Landthierresten mit Meerthieren vorkommen, deuten auch alle übrigen Verhältnisse auf frühere Existenz eines Delta in dieser Gegend. Die Ansammlung in Höhlen und Klüften kann auf verschiedenen Ursachen beruhen. Ein wesentlicher Grund liegt ohne Zweifel darin, dass alle wilden Thiere, sobald sie sich krank und unfähig fühlen ihren gewöhnlichen Feinden zu entgehen, sich so tief als möglich in Verstecke und Winkel zurückziehen, wo der Tod sie häufig ereilt. Darum findet man oft in unzugänglichen Felsenspalten Knochensammlungen von Thieren aller Art, besonders Nagern, Insectenfressern, Vögeln und dann auch Fledermäusen, welchen diese Orte als Tagesverstecke dienen. Das Raubzeug flüchtet sich meistens mit seiner Beute in solche Verstecke, um sie ruhig verzehren zu können, und lässt darin Reste seiner Mahlzeit. Die Höhlenbewohner, wie Hyänen und Füchse, schleppen besonders zur Zeit, wo sie Junge haben, Fleisch und Knochen in den Höhlen zusammen. Bei den Füchsen findet man, sobald die Jungen einmal fähig sind, die Höhlen zu verlassen, die Knochen stets ausserhalb derselben angehäuft. Ueber die Gewohnheiten der Hyänen sind die Nachrichten der Reisenden verschieden; denn während die einen behaupten, dass sie niemals ihre Beute fortschleppen oder in ihren Höhlen verzehren, wollen die anderen im Gegentheile in den Höhlen solcher Hyänen oft Sammlungen zerbissener Knochen gefunden haben. Endlich darf man als Ursache der Ansammlung kleinerer Säugethiere nicht die Ausströmungen schädlicher, unathembarer Gase, wie namentlich der Kohlensäure, vergessen. In allen vulcanischen Bezirken, wie namentlich am Rheine, in der Umgegend des Laachersees und bei Neapel, kennt man solche Ausströmungen und findet oft Gräben, deren Boden ganz mit Leichen von Mäusen, Maulwürfen und Vögeln überdeckt ist, die dort durch das Einathmen der Kohlensäure ihren Tod fanden.

---

§. 1083. In geologischer Hinsicht sind besonders diejenigen Pflanzen von Wichtigkeit, welche durch Anhäufung einer ansehnlichen Menge von Individuen grosse Strecken Landes bedecken, und zugleich durch stete Vermehrung ihrer Massen und Ablagerungen ihrer Trümmer schichtenbildend auftreten können. Die Conferven und Infusionspflanzen, die

Torfmoore, die Wälder, die Bänke von Fucusarten, welche sich an manchen Stellen im Meere finden, verdienen hier eine besondere Aufmerksamkeit. Nicht minder können durch die Meeresströmungen oder durch Ueberschwemmungen gewaltige Flosse von Treibholz und anderen vegetabilischen Trümmern über weite Strecken hin geschwemmt werden und an den Küsten und Buchten bedeutende Anhäufungen bilden.

Die Pflanzendecke, welche im Allgemeinen die Oberfläche der Erde überzieht, und überall sich zeigt, wo nicht nackte Felsen oder Sandwüsten ihrer Entwicklung ein Hinderniss entgegensetzen, bedingt in den meisten Fällen nicht nur keine Erhöhung des Bodens, sondern bewirkt im Gegentheil eine unveränderliche Erhaltung desselben, die sehr auffallend erscheint, sobald man sie mit der Zerstörung derjenigen Flächen vergleicht, welche nackt und bloss liegen. Die Erhaltung alter Monumente, wie z. B. der Grabeshügel, der Hünengräber u. s. w., beweist, dass die vegetabilische Decke des Rasens wesentlich unveränderlich sei, und demnach keine grosse Anhäufung vegetabilischer Reste in der oberflächlichen Dammerdenschicht stattfinden könne. Die Decke von Gras, welche sich auf solchen Strecken findet, kann demnach insofern wichtig für den Geologen werden, als sie eine grosse Unveränderlichkeit der Formen des Bodens bedingt, und hierdurch ist schon an und für sich die Eigenschaft ausgeschlossen, massenbildend aufzutreten.

Besonders wichtig erscheinen diejenigen niederen Organismen, §. 1084.
die man bis jetzt, nach dem Vorgange von Ehrenberg, unter dem Namen der fossilen Infusionsthierchen bezeichnet hat und die sich fast alle durch eine kieselige Schale auszeichnen. Es ist vielleicht am besten, diese Formen, welche grösstentheils den Desmidiaceen oder Bacillarieen angehören, mit Haeckel als Protisten zu bezeichnen, indem sie gewissermassen zwischen Pflanzen- und Thierreich am Grunde stehen. Unter den wirklichen Infusorien giebt es nur eine einzige kleine Familie, die der Peridiniden, welche einen Kieselpanzer besitzt und auch hier und da, wie z. B. in den Feuersteinen der Kreide, fossile Repräsentanten zeigt — alle übrigen Infusorien gehen bei den gewöhnlichen Processen der Versteinerung zu Grunde. Man sollte deshalb den Ausdruck „fossile Infusorien" gänzlich ausmerzen.

Wie dem auch sei, so sieht man in allen süssen Gewässern, besonders aber in stehenden Gräben und Tümpeln auf dem Boden gelbliche oder grünliche Ueberzüge, welche sich schleimig anfühlen und aus Millionen solcher Protisten bestehen, die durch ihre Panzer namentlich Kieselerde oder auch, wie besonders die Gattung *Gallionella*, Eisen fixiren. Meist bleiben diese Bildungen auf dem Grunde der Gewässer; häufig aber und besonders im Sommer wuchern diese Wesen

bedeutend, und da die zwischen ihnen wachsenden grünen Algen und Wasserfäden, die mit ihnen eine Art Filz bilden, unter dem Einflusse des Sonnenlichtes eine grosse Menge von Sauerstoff entwickeln, so wird durch diese Gasentwicklung allmälig die ganze Masse aufgehoben und an die Oberfläche gebracht, wo sie zuweilen einen handdicken schwimmenden Ueberzug bildet. Die Vermehrung der Organismen ist so stark, dass eine kurze Zeit genügt, um diesen Ueberzug, wenn er weggenommen, wieder zu ersetzen. Beim Glühen hinterlässt derselbe eine bedeutende Menge Asche, die fast nur aus Kieselerde besteht. Im Jahre 1837 konnte Ehrenberg auf diese Weise über 25 Pfund reines Kieselmehl aus den in einem Tage gesammelten Massen darstellen.

§. 1085. Aus dieser einzigen Thatsache lässt sich ermessen, dass diese Kieselprotisten bedeutende Anhäufungen herstellen können, und in der That hat man auch an vielen Orten theils noch jetzt sich fortsetzende, theils aus früherer Zeit stammende Lager solcher Kieselschalen nachgewiesen, welche gewöhnlich einen feinen, weissen, fast unsichtbaren Sand oder Trippel bilden, den man auch mit dem Namen des Kieselguhres bezeichnet hat. In den Häfen der Nordsee finden sich in dem Schlamme, der sich jährlich in ungemeiner Menge ansetzt und mit Schöpfmaschinen ausgebaggert werden muss, etwa 25 Proc. solcher Protisten, die in wenigen Jahren fussdicke Schichten bilden würden. In der Lüneburger Haide hat man bei Oberrohr im Amte Ebstorf unmittelbar unter der Dammerde des Haidebodens ein wenigstens 10 Meter mächtiges Lager feiner Kieselerde entdeckt, das oben weiss, unten bräunlichgrau ist, eine leichte, lockere, an der Zunge hängende Erde darstellt und nur aus solchen Organismen besteht, zu welchen sich in den unteren Schichten Blüthenstaub von Tannen gesellt. Das Lager ist wenigstens 250 Schritte lang und 150 Schritte breit. Aehnliche Ablagerungen kennt man fast überall unter der Dammerde der norddeutschen Ebene, wie denn unter Potsdam und Berlin in 12 bis 15 Fuss Tiefe sich solche Lager hinziehen; und seitdem hat man fast auf der ganzen Welt an verschiedenen Orten, besonders aber unter Torfmooren und an Seeküsten solche Kieselguhre gefunden.

§. 1086. Man versteht unter Torfmooren gewisse moosige Strecken von besonderer Beschaffenheit, auf deren Oberfläche eigenthümliche sociale Pflanzen in grosser Menge wachsen, deren unter einander gewirrte Wurzeln und Zweige ein schwammiges, mehr oder minder festes Gewebe bilden, welches nach und nach durch eigenthümliche chemische Transformationen in eine bräunliche, dunkelbraune oder schwärzliche Masse übergeht, die eine bedeutende Quantität von Brennstoff enthält und auch als solche ausgebeutet wird. Die Torfmoore finden sich in der gemässigten Zone, vom Nordkap bis zu den nördlichen Ufern des

mexikanischen Meerbusens; die Ebenen sind besonders zu ihrer Erzeugung geeignet. In den Gebirgen zeigen sich Torfmoore hauptsächlich nur in solchen Thälern, deren muldenförmige Aushöhlung keinen geeigneten Abfluss für das Wasser bietet, und in den Ebenen entwickeln sie sich namentlich da, wo undurchdringliche Thonschichten dem Durchsickern des Wassers in die Tiefe Hindernisse entgegenstellen. Die weiten Niederungen Norddeutschlands längs der Küsten der Ost- und Nordsee, die wellenförmig abgeflachten Thalmulden Irlands, Schottlands, Norwegens und Schwedens und des Continents auf der Nordseite der Alpen, die Swamps von Virginien, Alabama und Louisiana bieten die wesentlichsten Punkte für Entwicklung der Torfmoore. Es lässt sich aus dieser Erkenntniss der geographischen Verbreitung der genannten Bildungen schon schliessen, dass permanente Feuchtigkeit eine der wesentlichsten Bedingungen zu ihrer Entstehung sei, und andererseits geht aus der Gleichförmigkeit der Flora der Torfmoore schon hervor, dass durchaus besondere Pflanzenspecies wesentlich zur Bildung der Torfmoore mitwirken. Unter diesen torfbildenden Pflanzen steht das Sumpfmoos, *Sphagnum*, obenan. Von diesem eigenthümlichen, hygroskopischen Moosgeschlecht wird die Feuchtigkeit der Luft mit der grössten Begierde angezogen, und ein Torfmoor wirkt in dieser Beziehung wie ein gewaltiger Condensator. Noch andere Moose, wie besonders *Hypnum*, theilen dieselbe hygroskopische Eigenschaft, keines aber zeigt in so hohem Grade die Fähigkeit, auf seinen eigenen abgestorbenen Stämmen weiter fort zu vegetiren und auf diese Weise die Torfbildung beständig fortzusetzen. Der sogenannte Moostorf, welcher hauptsächlich von den Sphagnumarten gebildet wird, unterscheidet sich von der lebenden Pflanze hauptsächlich nur durch eine gewisse Zusammendrückung, wodurch die verfilzten Stengel und Blätter verdichtet sind, sowie durch die hellbräunliche Färbung der sonst durchaus in ihrer Integrität erhaltenen Pflanzentheile. Die mikroskopische Structur der feinsten Würzelchen, Stengel und Blätter ist in den oberen Schichten dieses Moostorfes vollkommen erhalten, und ebenso zeigen sich die verschiedenen organischen Einschlüsse, welche von anderen Vegetabilien, die auf den Torfmooren wachsen, sowie von mancherlei Thieren herrühren, vollkommen gut erhalten.

Das Sumpfmoos hat die Eigenthümlichkeit, dass seine Stengel nach oben fortwachsen und neue Wurzeln treiben, während die unteren Theile der Pflanze absterben und zu Grunde gehen. Durch diese Eigenthümlichkeit ist eine beständige Erhöhung der Torfmoore, welche von Sphagnum gebildet sind, erklärlich, indem von Jahr zu Jahr eine bestimmte Höhe des Mooses abstirbt und auf dieser abgestorbenen Schicht die perennirenden Stengel fortwachsen. Diese allmälige Er- §. 1087.

höhung der Torfmoore ist sowohl durch ihre Aufeinanderschichtung als auch namentlich durch directe Beobachtungen bestätigt, und um nur ein Beispiel anzuführen, so ist durch geschichtliche Documente nachgewiesen, dass das grosse Torfmoor von les Ponts im Canton Neuenburg so bedeutend angeschwollen ist, dass Dörfer, welche an den gegenüberstehenden Ufern desselben auf dem Kalkfelsen gebaut sind, jetzt nicht mehr einander sichtbar, sondern durch das Torfmoor verdeckt sind, während in dem Mittelalter das eine Dorf von dem anderen aus gesehen werden konnte. Es hat demnach ohne allen Zweifel das Torfmoor, welches zwischen den beiden Dörfern sich befindet, in der Mitte sich hügelartig erhoben, und zwar, wie es scheint, durch ungleiches Wachsthum seiner einzelnen Theile, indem in der Mitte des Moores die Vegetation und somit die Torfbildung am kräftigsten ist, während sie nach den Rändern hin abnimmt.

Da alle Theile dieser Moose äusserst hygroskopisch sind und die Feuchtigkeit in bedeutendem Maasse anziehen und festhalten, so wirken sie zugleich bei der Erhöhung der Torfmoore wie Hebemaschinen, welche das Wasser über sein eigentliches Niveau emporheben, festhalten und so eine Torfbildung in Höhen gestatten, in welchen ohne diese Eigenschaft des Mooses eine solche nicht möglich gewesen wäre.

Aus diesem Umstande erklärt sich auch die Ueberwucherung der Torfmoore über Gegenstände, welche allmälig in ihnen verschwinden. So lief durch das Torfmoor zwischen Neuenburger-, Bieler- und Murten-See und der Aar eine Römerstrasse, die offenbar, wie ihre Pfahlwerke beweisen, schon auf Torf erbaut war. Sie liegt jetzt einige Fuss tief unter der Fläche des Torfmoores und wird augenscheinlich mehr und mehr bedeckt.

§. 1088. Die Umwandlung der abgestorbenen Moosschichten in eigentlichen Torf scheint in der Weise vor sich zu gehen, dass unter dem stetigen Einfluss der Feuchtigkeit und der allmäligen Zunahme der Compression die vegetabilischen Substanzen sich allmälig in Humus und Ulminsäure umändern. Der Torf verliert so allmälig sein ursprüngliches verfilztes Ansehen, er wird schwerer, bröcklich, die unverholzten Pflanzentheile verschwinden gänzlich, und auf dem letzten Punkte seiner Umbildung besteht der Torf nur noch aus einer schweren, schwärzlichen, krümlichen Masse, die mit Wasser einen mehr oder minder zähen Schlamm bildet, und in welcher nur einzelne vegetabilische Reste und Bruchstücke sich noch finden, deren Holzfasern der Zerstörung widerstanden haben. Da der Boden der Torfmoore im Allgemeinen für das Wasser durchaus undurchdringlich ist, indem er entweder von festem Fels, wie z. B. in den Gebirgen und namentlich im Harze, im Riesengebirge, in den Alpen, oder aber von einer Thonschicht gebildet wird, wie namentlich in den Ebenen, und da die

Mächtigkeit der Torfschichten nur selten 30 Fuss übersteigt, so bilden die meisten Torfmoore auf ihrem Grunde ein zähes Schlammmeer, auf dessen schwankender Decke die verschiedenen Gewächse gedeihen, welche eine solche Station vorziehen. An vielen Stellen, wie namentlich in den Niederungen der norddeutschen Ebene und der dänischen Inseln, hat man sogar constatirt, dass das ganze Torfmoor im eigentlichsten Sinne des Wortes auf einer flüssigen Schlammschicht schwimmt. Durchstösst man solche Torfmoore mit langen Stangen, so sinken diese plötzlich, wie in Wasser, ein und aus dem Loche quillt schwarzes morastiges Wasser, oft im Strahle. Unter den torfigen Mooren der Niederungen des Mississippi soll sich an einigen Orten in Alabama sogar das Seewasser unter der Moordecke fortziehen, so dass man beim Durchstechen der Pflanzendecke, auf welcher die Heerden weiden, Seefische fangen kann. Die Pflanzendecke auf allen solchen Meeren wird nun, ausser den Sumpfmoosen, von einer Menge verschiedener Pflanzen gebildet, die eine specielle Flora der Torfmoore zusammensetzen. Zu diesen Gewächsen gehören namentlich die Haidekräuter, welche auf den Oberflächen der Torfmoore durch ihre dicht verfilzten Wurzeln einzelne hügelförmige Erhöhungen bilden, die dem Fusse einen sicheren Standpunkt gewähren, während auf der von dem Sumpfmoose selbst gebildeten Fläche Thiere und Menschen leicht einsinken und in dem zähen Schlamme untergehen. In den meisten Torfmooren findet man deshalb eine Menge von Resten von Thieren aller Art, welche darin versunken sind und deren Skelette namentlich, oft aber auch der ganze Körper durch die fäulnisswidrigen Eigenschaften der Humussäure ganz vortrefflich erhalten wurden. Auf dem Grunde der Torfmoore hat man oft menschliche Körper mit Thierfellen angethan, Pfeile von Stein, höchst rohe Piroguen und aus ausgehöhlten Bäumen gebildete Boote, sowie die sogenannten Pfahlbauten gefunden, als Zeichen der Anwesenheit der ältesten menschlichen Bewohner. Neben den Resten dieser Menschen findet man die gespaltenen und entmarkten Knochen der von ihnen verzehrten Thiere, Jagdthiere wie Hausthiere; die wilden und Culturpflanzen, welche zur Nahrung und Bekleidung dienten; die Instrumente und Geräthschaften, die im Haushalte, zur Jagd, zum Kriege, zum Ackerbau und bei der Viehzucht dienten. Ebenso findet man in fast allen Torfmooren und zwar auf dem Grunde derselben Stämme von Eichen, Buchen, Tannen, Birken und anderen Waldbäumen, welche zwar noch in benachbarter Gegend vorkommen, allein nicht auf den Torfmooren selbst mehr wachsen. Da diese Baumstämme meist in verticaler Stellung erhalten sind, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass sie meist in dieser Localität selbst wurzelten und wuchsen, und zwar noch ehe die Torfbildung ihren Anfang genommen hatte. Die jetzt unter den Torfschichten begrabenen Wälder existirten mithin zu einer Zeit, wo die zur Torfbildung nöthigen Be-

dingungen, namentlich die stete Feuchtigkeit des Bodens noch nicht vorhanden war. Später, als diese sich einstellten, starben die Bäume des Hochwaldes ab, und die Torfschichten überwucherten dieselben in dem Maasse, als die Versumpfung des Bodens zunahm. An vielen Orten beobachtet man noch jetzt die Austilgung der Hochwälder durch zunehmende Vertorfung des Bodens. Bei Zunahme des Mooses nimmt die Feuchtigkeit mehr überhand, die Bäume verkrüppeln, sterben ab, und zuletzt bleiben nur einzelne abgestorbene Stämme in einem dichten Filze von Moos, Heidelbeeren, Haidekraut, Wollgras, in dem man einsinkt und der in den Niederungen quellenlose Seen erzeugt, die nur das Resultat der Condensation und Zurückhaltung des Wassers in der Moosdecke sind.

§. 1089. Man unterscheidet den Torf, je nach seiner verschiedenen Zusammensetzung, sowie nach dem Grade der Veränderung, welche er erlitten hat. Der **Rasentorf** oder **Stechtorf** bildet die oberste Decke der Moore und erscheint noch als ein verfilztes Gewebe von fortbildenden Pflanzen. Der darunter liegende **Moortorf** zeigt eine dunkelbraune Farbe, mehr zersetzte Pflanzenantheile und ist manchmal so weich, dass er in Formen gepresst und getrocknet werden muss, wo er dann den Namen Baggertorf erhält. In dem **Pechtorfe** endlich, welcher meist die untere Schicht der Moore bildet, und aus einem dunkelschwarzen, dicken Schlamme besteht, finden sich fast gar keine Pflanzenbestandtheile mehr, welche ihre eigenthümliche Structur erhalten hätten. Je nach den Pflanzen, welche den Torf bilden, unterscheidet man vor Allem den **Moostorf**, welcher durch die eigenthümliche Beschaffenheit des Sumpfmooses die Bedingung seiner beständigen Wiedererzeugung in sich trägt, während die übrigen Torfarten, die durch Umwandlung von untergetauchten Wiesen, Schilfgründen u. s. w. gebildet werden und meistens in allen Seegründen, trocken gelegten blinden Flussarmen u. s. w. sich finden, keiner Wiedererzeugung fähig sind, und nach der Ausbeutung steril bleiben. Die Streitigkeiten, welche sich öfters über die Wiedererzeugung des Torfes erhoben haben, beruhten hauptsächlich auf der unvollständigen Unterscheidung der verschiedenen Torfarten, indem die Anhänger der Wiedererzeugung sich auf Thatsachen stützten, welche den Moostorfen entnommen waren, während ihre Gegner die Beweise für ihre Ansicht in Wiesen- und Seetorfen fanden. Alle vegetabilische Substanz kann unter günstigen Verhältnissen bei gehöriger Feuchtigkeit und Compression in Torf übergeführt werden; das spätere Fortwuchern und Wiedererzeugen des Torfes ist nur in solchen Ablagerungen möglich, welche aus Moostorf gebildet sind.

§. 1090. Ein bedeutendes geologisches Moment liegt ferner in den **Wäldern**, in denen eine bedeutende Menge vegetabilischen Stoffes überall

oberhalb der Oberfläche in den Stämmen, Aesten und Zweigen angehäuft ist und in denen der Abfall der Blätter schon mit jedem Jahre eine nicht unbedeutende Schicht vegetabilischen Stoffes erzeugt, welche allmälig den Boden erhöht. In den Urwäldern, auf welche wir vorzüglich unsere Aufmerksamkeit richten müssen, da die Cultur in ihnen keine Veränderung ihres Verhaltens erzeugt hat, in den Urwäldern wird der Boden von einer ungeheuren Menge abgestorbener Baumstämme, gebrochener und geknickter Aeste gebildet, die durch wuchernde Schlingpflanzen und Moose in eine feste Schicht verwebt sind, welche allmälig sich in eine torfähnliche Substanz verwandelt. Ausser diesem normalen Processe aber, welcher trotz der moosigen Vegetation doch nur äusserst geringe Anhäufungen im Laufe von Jahrhunderten bewirkt, können die Wälder noch durch besondere Zufälligkeiten bedeutende Anhäufungen bilden. Es ist nichts Seltenes, durch heftige Winde, Stürme oder Wetterhosen, namentlich in den heissen Zonen, ganze Wälder umgeworfen, die Bäume entwurzelt oder zerknickt zu sehen, und es lässt sich hieraus, sowie aus den begleitenden Erscheinungen solcher Zerstörungen, ein Schluss auf die Art der Anhäufungen ziehen, welche auf diese Weise hervorgebracht werden. Auf den Antillen wurden ganze Quadratmeilen Landes, die mit den herrlichsten Wäldern bedeckt waren, durch solche Orkane zerstört, die Bäche und Flüsse, angeschwellt durch die heftigen Platzregen und Wolkenbrüche, wurden noch obenein durch die Baumtrümmer aufgestaut und überschwemmten die niedergeschmetterten Wälder, die darin lebenden Thiere aller Art ersäufend und im Schlamme begrabend. Auf meilenweiten Strecken hin wurde das Meer im buchstählichen Sinne des Wortes von den ausgerissenen Bäumen überdeckt und auf diese Weise ohne Zweifel bedeutende Anhäufungen auf dem festen Lande sowohl wie in dem Meere selbst gebildet.

Hebungen und Senkungen des Bodens, wodurch bestehende Wälder an der Meeresküste unter das Niveau des Wassers getaucht und auf diese Weise unter den Anschwemmungen längs des Strandes begraben wurden, sind an vielen Stellen der europäischen Küsten nachgewiesen worden. Es bilden diese untermeerischen Wälder Anhäufungen von meist zusammengedrückten, mehr oder minder in ihrem Ansehen veränderten Stämmen mit Wurzeln, Zweigen und Blättern, welche öfters durch Wasserpflanzen unter einander verwirrt und zusammengehalten werden. In den Baumstämmen erkennt man Pflanzen, welche noch jetzt in denselben Gegenden vorkommen, Eichen, Buchen, Tannen u. s. w. Zuweilen stehen die Stämme aufrecht, in anderen Fällen aber sind sie alle nach einer Richtung hin geneigt und in dieser geneigten Lage durch überliegende Schichten von Sand, Kies, Thon oder Mergel zurückgehalten. Sehr häufig bieten die Stämme §. 1091.

durch den langen Aufenthalt unter dem Wasser eine der Braunkohle ähnliche Beschaffenheit und sehr bedentende Dichtigkeit dar, und es bedarf nur der Hinweisung auf die Zusammensetzung der tertiären Braunkohlenlager aus über einander geworfenen zusammengedrückten Banmstämmen, um zu zeigen, dass bei der Bildung dieser Brannkohlenlager ähnliche Phänomene im Spiele waren.

§. 1092. Eine wesentliche Berücksichtigung verdienen noch dic Ablagerungen, welche theils in den Flnssdeltas, theils anch namentlich in grösserer Entfernung an den Meeresküsten durch Flösse von Treibholz erzeugt werden. Viele nordische Gegenden, in welchen kein Banmwuchs mehr fortkommt, würden durch Mangel an Brennmaterial durchans nnbewohnbar sein, wenn nicht ungemeine Qnantitäten von Treibholz durch die Meeresströmungen abgelagert würden. Die Küsten von Island, Spitzbergen, Grönland werden anf diese Weise von einer ungemeinen Qnantität Treibholz gleichsam überschüttet, welche von den grossen Strömen Amerikas aus den Urwäldern weg in das Meer geführt, nnd von da weiter nach Norden durch den Golfstrom geschwemmt werden.

§. 1093. Die Holzfaser an sich ist specifisch schwerer als das Wasser und würde unfehlbar ihre Schwimmfähigkeit verlieren, wenn sie nicht eine grosse Menge von Luft in ihrem Innern enthielte, welche sie über dem Wasser schwebend erhält. Durch einen längern Aufenthalt im Wasser wird die Luft allmälig aus den Zellen des Holzes gedrängt und dieses dadnrch auf dem Boden des Gewässers festgehalten. Man besitzt Beobachtungen, wo dieselbe Wirkung durch einen nur kurzen Anfenthalt des Holzes in bedeutenden Meerestiefen, mithin unter einem gewaltigen Drucke hervorgebracht wurde. Ein Boot, welches von einem Wallfische, der harpunirt worden war, in eine Tiefe von mehren tausend Fussen nachgezogen wurde, war so vom Wasser durchtränkt und so verdichtet, dass es nicht mehr schwamm und sogar nicht einmal als Brennmaterial dienen konnte. Ebenso ist es bekannt, dass die Eichenpfähle, welche zur Bildung von Rosten nnd Brückenpfeilern und anderen Constructionen im Wasser dienen, nach mehren Jahren sich so verdichtet zeigen, dass sie ihre Schwimmfähigkeit verloren haben. Es geht mithin ans allen diesen Beobachtungen auf das Ueberzeugendste hervor, dass Flösse von Treibholz, welche längere Zeit an den Küsten angeschwemmt sind, sich allmälig versenken und in den Buchten, in welchen sie strandeten, Anhänfungen bilden können, welche mit den Sand- und Schlammablagerungen der Buchten abwechselnde Lagernngen erzeugen, welche im Laufe der Zeit zu förmlichen Kohlenlagerungen sich nmgestalten. Die Lager bitnminösen Holzes, welche auf Island mit dem Namen Surtnrbrand bezeichnet werden, sollten solchen Treibholzmassen ihre Entstehung verdanken. Die Schichten

dieses, theilweise ganz in Glanzkohle verwandelten Holzes wechseln mit Zwischenlagen von Sandstein und Thon nnd bestehen zuweilen nur aus Blättern von Pappeln, Birken, Weiden, Ulmen, Riesentannen und ähnlichen Bänmen, die nicht mehr auf der Insel wachsen, sondern auf eine Flora wie in Süd-Canada nnd den nördlichen Vereinigten Staaten hinweisen. Sie liegen zwischen Trappschichten oder Tnfflagern und sind an einigen Orten von Trappgängen durchbrochen, in deren Nähe das bitnminöse Holz in anthracitische Kohle nmgewandelt ist. Die Forschungen Heer's haben ergeben, dass diese Ablagerungen wirklich von Wäldern abstammen, welche zur Molassezeit auf der Insel vegetirten, durch vulcanische Aschen und Laven aber überschüttet, zusammengedrückt und geschichtet wurden.

Die Meerespflanzen werden nur unter sehr beschränkten Umständen für die Geologie wichtig. Die gallertartige Beschaffenheit der meisten Tange nnd Fncnsarten, der geringe Gehalt an Pflanzengewebe lässt schon erwarten, dass diese Pflanzen keine bedentenden Ablagerungen bilden können. Indessen finden sich an manchen Orten, wie namentlich längs der Ostküste Südamerikas, in weiter Entfernnng vom Lande, nngeheure Massen schwimmender Tange, wahre Fncnsbänke, die sogenannten Sargasso-Meere, die gewiss unter Umständen zur Schichtenbildung beitragen können, nnd wir kennen in der That viele Formationen älteren Ursprunges, besonders ans dem Jnra nnd der Kreide, in welcher als einzige versteinerte Reste Fncoidenstengel vorkommen, welche auf Bildnng dieser Schichten nnter solchen Tangbänken hinweisen. Die Ansicht, welche die Steinkohlen aus solchen Ansammlungen ableiten wollte, entbehrt alles Grundes. §. 1094.

In den vorhergehenden Paragraphen wurden vorzüglich die schichtbildenden Momente behandelt, ohne specielle Rücksicht auf ihre Einschlüsse. Für die Geologie sind indessen einige Momente besonders wichtig, welche sich auf die Erhaltnng der fossilen Körper beziehen nnd deren wir deshalb hier noch im Einzelnen gedenken. Die Bedingungen, nnter welchen ein organischer Körper in den fossilen Zustand übergeführt werden kann, beruhen theils auf seiner eigenen Structnr und Zusammensetzung, theils auch auf seinem Zusammentreffen mit solchen Agentien, welche seine Zerstörung verhindern. Es ist demnach klar, dass die weicheren Theile der Thiere und Pflanzen, welche dem zersetzenden Einflusse von Lnft nnd Wasser, gegen welche sie in den einschliessenden Gesteinsschichten niemals vollständig bewahrt sind, nicht zu widerstehen vermögen, nach nnd nach gänzlich zu Grunde gehen müssen, und dass von ihrer Erhaltnng in keinem anderen Zustande die Rede sein kann als in demjenigen des Abdruckes. Es kommen in der That Fälle vor, wo die Weichtheile eines Körpers §. 1095.

oder auch ein vollständig weiches Thier dadurch erhalten wurde, dass vor Einleitung seiner Zersetzung die dasselbe einschliessenden Schichten theilweise erhärteten und so seinen Abdruck bewahrten. Ganz in ähnlicher Weise werden auch jene Eindrücke auf der Oberfläche sich bildender Schichten, welche von Thierfährten, von Wellen, von Luftbläschen herrühren, festgehalten und entweder als unmittelbare Eindrücke oder als Abgüsse der oben liegenden Schicht bewahrt.

Znr Erhaltung selbst sind nur die festeren Theile geeignet, welche bei den Wirbelthieren grossentheils, wie die Knochen und Zähne, aus phosphorsanrem nnd kohlensaurem Kalke, oder wie die Hörner nnd Schnppen aus Hornsubstanz bestehen. Bei den wirbellosen Thieren ist die Zusammensetzung ähnlich, indem einerseits Theile vorhanden sind, deren wesentlichen Bestandtheil der kohlensaure Kalk bildet, andererseits die festen Bestandtheile der Insecten, Würmer u. s. w. von einer organischen Snbstanz, dem Chitin, gebildet werden, welches den meisten zerstörenden Agentien widersteht nnd in vieler Beziehung der Holzfaser gleicht, welche bei den Pflanzen die wesentliche Grundlage des Gewebes bildet. Durch die chemischen Eigenschaften der Holzfaser nnd durch ihre Imbibition mit mineralischen Substanzen, wie Kieselerde, Kalk u. s. w., ist anch dem Pflanzengewebe ein gewisser Widerstand gegen die zerstörenden Agentien verliehen.

Im Ganzen beruht der Process der Versteinerung darauf, dass die organische Grnndlage, welche aus Leim oder ähnlichen Substanzen besteht und die in jedem scheinbar auch noch so festen Theile eines organischen Körpers vorkömmt, nnter dem Einflnsse von Luft und Wasser zersetzt, dnrch einen langsamen Faulungsprocess zerstört wird. Je bedentender die Menge dieser organischen Grundlage ist, desto leichter zerstörbar ist der Theil. In den Knochen findet sich gewöhnlich etwa ein Drittheil organischer Grundlage, in den Zähnen ist sie geringer, in den Schalen der Mnscheln und in vielen Korallen fällt sie bis auf 1 oder 2 Proc. Die oben angeführten, der Zersetzung hartnäckiger widerstehenden Snbstanzen, wie die Hornsubstanz, das Chitin und die Holzfaser oder Cellulose, widerstehen ebenfalls auf die Daner der Zersetzung nicht, indess geht ihre Zerstörung meist so langsam vor sich, dass die Form der von ihnen gebildeten Theile erhalten und ihre Stelle unter günstigen Umständen nach und nach in der Weise ersetzt wird, dass der für sie snbstituirte mineralische Körper die organische Structur beibehält.

Ein zweites Moment der Erhaltung bildet die chemische Natur der Mineralsalze, welche in den Körpern vorhanden sind. Der kohlensanre Kalk ist in kohlensanrem Wasser leicht, der basisch phosphorsaure Kalk dagegen gar nicht löslich. Ein Hauptlösungsmittel ist aber gerade das Wasser, welches fast überall mit Kohlensäure geschwängert ist. Unter sonst gleichen Verhältnissen werden demnach

Theile, welche aus kohlensaurem Kalke bestehen, schneller zerstört werden, als solche, deren wesentlichen Bestandtheil basisch phosphorsaurer Kalk bildet; weshalb denn z. B. in derselben Lagerstätte die Schalen von Muscheln zerstört, Zähne von Säugethieren dagegen wohlerhalten sein können.

Zuweilen beschränkt sich der Process der Versteinerung nur auf einfache mechanische Ausfüllung mittelst der in Wasser aufgeschwemmten, mechanisch vertheilten Mineraltheile, welche durch ihren allmäligen Absatz die Schichten selbst bilden. Es sind hauptsächlich grössere Gänge oder Höhlungen des organischen Körpers, wie z. B. die innere Höhle klaffender Muscheln, die letzte Kammer der Ammoniten, die Höhlung leerer Schneckenschalen, die Zahnhöhlen, die Markhöhlen der Knochen, welche auf diese Weise von mechanisch aufgeschlemmter Gesteinssubstanz erfüllt werden. In manchen Fällen dient dann dieser Process zur Ausbildung von inneren Abgüssen, indem die aufgeschlämmte Mineralsubstanz genau alle inneren Erhabenheiten und Vertiefungen abklatscht und beim Festwerden beibehält. Wird dann der wirkliche fossile Körper, z. B. eine Muschelschale, später aufgelöst und weggeführt, so bleibt sein innerer und äusserer Abklatsch in der ihn umgebenden Gesteinsmasse übrig, ein Fall, der besonders in kieseligen Gesteinen häufig vorkommt, wo die durchsickernden Gewässer allen kohlensauren Kalk und folglich auch denjenigen der Versteinerungen nach und nach auflösen. §. 1096.

Ganz in ähnlicher Weise wirkt die Ueberrindung oder Incrustation, welche durch den Niederschlag chemisch aufgelöster Mineralmassen auf organische Körper hervorgebracht wird. Es ist gewöhnlich der kohlensaure Kalk, welcher beim Verdunsten des Wassers sich niederschlägt und oft organische Theile so schnell umhüllt, dass er ihre Form beibehält, ehe sie verwesen konnten. Gewässer solcher Art, welche mit kohlensaurem Kalke gesättigt sind, kennt man an vielen Orten unter dem Namen versteinernder Quellen und benutzt sie zu mancherlei Spielereien, so dass man z. B. Trauben und andere Früchte versteinern lässt. Gewöhnlich geht bei solchen Incrustationen später auch der eingeschlossene organische Körper zu Grunde, wo man dann leere Räume in der Gesteinsmasse findet, welche die Gestalt des organischen Körpers haben. Auch solche Gewässer, welche Eisenoxydulsalze aufgelöst enthalten, eignen sich zur Incrustation, indem sie das Eisen als Oxyd fallen lassen. Endlich giebt es heisse Quellen, wie die Geyser in Island und Neuseeland, die beim Erkalten die aufgelöste Kieselerde niederfallen lassen und so organische Körper incrustiren.

Ein weiterer Fortschritt der Versteinerung besteht in dem Eindringen solcher aufgelösten Mineralsubstanzen in den organischen Körper selbst, dessen Structur bei diesem Processe vollkommen erhal-

ten bleibt. Man kann den Unterschied zwischen diesem Eindringen aufgelöster Stoffe und der Einführung mechanisch aufgeschlämmter Mineralsubstanzen oft sehr deutlich an Ammonitenschalen beobachten, bei welchen die äussere Kammer der Schale, die von dem Thiere bewohnt und nach aussen offen war, von erhärtetem Schiefer erfüllt ist, während die inneren Luftkammern der Schale gewöhnlich mit Krystallen von Kalkspath angefüllt sind, der in aufgelöstem Zustande durch die Schale hindurchdrang und dann in den leeren Luftkammern krystallisirte. Der eingedrungene kohlensaure Kalk erfüllt auch noch die Schale selbst, wodurch diese schwerer und fester geworden ist. Zuweilen erfolgt in Folge chemischer Wahlverwandtschaften durch das Eindringen solcher aufgelöster Substanzen eine Umsetzung der ursprünglichen Bestandtheile des versteinernden Körpers, so dass z. B. Eisenoxyd an die Stelle des Kalkes tritt.

Die wesentlichsten auf diese Art versteinernden Substanzen sind der kohlensaure Kalk, die Kieselerde und das Eisen in verschiedenen Verbindungen, wie z. B. als Schwefeleisen (Schwefelkies), Eisenoxyd, phosphorsaures Eisen u. s. w. Der kohlensaure Kalk kommt am häufigsten vor und dient sowohl zur Erhaltung von Pflanzen- als wie Thierresten, die er vollkommen durchdringt und deren organische Structur durchaus erhalten bleibt. Ebenso sieht man an den mit Kieselerde imprägnirten Hölzern die vollkommene Erhaltung der organischen Structur, und man hat Beobachtungen genug über den allmäligen Fortschritt dieses Processes selbst noch in unserer Zeit. Ohne der kieselhaltigen Quellen zu erwähnen, die noch jetzt an vielen Orten das Holz verkieseln, so fand man im Jahre 1760 einen Pfahl der von Trajan im Jahre 104 nach Chr. Geb. bei Belgrad über die Donau geschlagenen Brücke von aussen nach innen in der Weise verkieselt, dass die äusseren Schichten bis zu einem halben Zoll am Stahle Funken gaben, während im Innern des fussdicken Baumes die Holzfasern noch biegsam waren. Gänzlich verkieselte Stämme und Wälder findet man häufig fast überall auf der Erde, so dass es unnöthig wäre, derselben im Einzelnen zu erwähnen.

Bei allen den bisher betrachteten Versteinerungsprocessen erhält sich die organische Structur in so hohem Grade, dass man unter dem Mikroskope die kleinsten Einzelnheiten auf das Genaueste wahrnehmen kann, was denn auch z. B. beim versteinerten Holze, bei Zähnen, Schuppen u. s. w. mit Erfolg zur genauern Erforschung angewendet werden kann. Es giebt indessen Fälle, wo die eingedrungene Substanz bei aller Beibehaltung der äussern Form des organischen Körpers die innere Structur desselben gänzlich zerstört und entweder eine reine Krystallform oder sonstige eigenthümliche Gestalten an die Stelle gesetzt hat.

Der kohlensaure Kalk zeigt ein solches Verhalten besonders häufig

bei den Versteinerungen der Echinodermen. Die kleinsten Einzelnheiten der äussern Form zeigen sich vollkommen erhalten, während im Innern die organische Netzstructur des Kalkskelettes durch vollkommen dichte Krystalle des Kalkspathes ersetzt ist. Jedes Täfelchen eines Seeigels bildet gewissermassen einen Kalkspathkrystall für sich, und die Kalkspathrhomboëder stehen in bestimmten Stellnngen hinsichtlich ihrer Krystallaxen zn den Stengelgliedern der Encriniden oder den Täfelchen der Seeigel. Jede innere organische Structur ist dann gänzlich verschwunden. Aehnliche Effecte beobachtet man zuweilen, wenn auch seltener, bei Mnschel- nnd Schneckenschalen, wo dann der Arragonit durch die Krystallgestalt des Kalkspathes ersetzt ist und die Schalen meist durchscheinend geworden sind.

Eine eigenthümliche Form der Verkieselung, welche zu vielfachen Arbeiten Veranlassung gab, ist diejenige durch Kieselringe. Man findet in diesen Fällen in ursprünglich kalkigen Schalen die ganze Masse mehr oder minder in Kieselscheibchen verwandelt, die in der Mitte ein Wärzchen haben, um welches mehre concentrische Ringe dicht an einander herumgelegt sind nnd die wahrscheinlich ans gallertartiger Kieselerde gebildet sind, welche überhaupt eine Neigung besitzt, rnndliche concentrisch geschichtete Formen anzunehmen, nnd die sich so um gewisse Attractionspunkte in Scheiben sammelte. Die organische Structnr geht bei dieser Verkieselung nach nnd nach zu Grunde.

2. Die Degradationen der Erdoberfläche.

Die Degradation, welche die freien, der Atmosphäre ausgesetzten Felsoberflächen durch den Einfluss der Atmosphäre selbst und der wässerigen Meteore erleiden, giebt sich durch mancherlei Erscheinungen kund, indem einerseits die chemische Action des Sauerstoffs der Luft unter Beihülfe der atmosphärischen Feuchtigkeit, andererseits aber und namentlich die auflösende Eigenschaft des Regens und der wässerigen Niederschläge überhaupt, sowie ferner die Einwirkung der Wechsel der Temperatur ihre Effecten combiniren. Wenngleich, wie wir schon früher bemerkten, das nnmittelbare Eindringen der Gewässer in den Boden nicht sehr bedentend ist, so kann man sich dennoch leicht überzeugen, dass nach und nach fast alle Gesteine bis in jede Tiefe vom Wasser dnrchdrungen werden, ob zwar einzelne derselben eine sehr verschiedene Durchdringlichkeit zeigen. Am undurchdringlichsten sind die vollkommen homogenen Gesteine mit muscheligem Bruche, wie z. B. die Obsidiane nnd Pechsteine, sowie auf der andern Seite die Thongesteine, bei welchen, wie es scheint, die Thonerde selbst durch ihr Verhalten zum Wasser, das dem eines Fettes ähnlich ist, Widerstand leistet. Auf diese Gesteine folgen ihrer Undurchdringlich- §. 1097.

keit nach die Schiefer und die dichten Kalke, bei denen aber wieder die Schichtungsflächen, sowie die vielfachen Spalten nnd Klüfte dem Wasser einen Durchgang nach unten gestatten. Am durchdringlichsten sind krystallinische Gesteine, Granite, Porphyre, Basalte, sowie Sandsteine nnd poröse Felsmassen, wie Mandelsteine, in welchen die Stollen beständig tröpfeln. Da alle eindringenden Gewässer Kohlensänre und die meisten auch doppeltkohlensanren Kalk aufgelöst enthalten, so wird bald durch sie Kalk abgesetzt, bald welcher aufgelöst und ausserdem noch eine Reihe von chemischen Veränderungen bewirkt, die wir später im Zusammenhange betrachten werden. Hier beschäftigen uns vor der Hand nur diejenigen mehr in die Augen fallenden Degradationen, welche Veränderungen der Oberfläche bewirken nnd durch ihr Resultat hauptsächlich zu mechanischen Ablagerungen Veranlassung geben. Die Veränderungen der Farbe, welche man an den meisten Gesteinen, sowohl an den freien Oberflächen als auch zu beiden Seiten der Ritzen nnd Spalten wahrnimmt, bieten den ersten Grad der beginnenden Degradation dar und rühren meist von der Oxydation der in den Gesteinen enthaltenen Bestandtheile her. So werden die meisten grünen Gesteine, die Serpentine und Porphyre, die grünliche Molasse, die Protogine an den der Luft ausgesetzten Stellen bis auf eine grössere oder geringere Tiefe in das Gestein hinein braunroth durch die Umwandlnng des in ihnen enthaltenen Eisenoxyduls in Oxyd. Dieselbe Farbe zeigen die weisslichen Sandsteine und Granite, die gelblichen Jurakalksteine und die grauen schiefrigen Gesteine, welche eingesprengten Eisengehalt zeigen. An anderen Stellen findet unter dem Einflusse des Einsickerns von Wasser, welches faulende, organische Stoffe enthält, eine umgekehrte desoxydirende Einwirknng statt. In vielen rothen nnd gelben Sandsteinen lassen sich die grünen Streifen und Adern längs der den Sandstein durchziehenden Spalten leicht auf diese Weise erklären.

§. 1098. Geht die verderbliche Einwirkung der Atmosphäre tiefer, so verwittern die Oberflächen in der Art, dass die einzelnen Elemente, welche die Gesteine zusammensetzen, sich aus ihrer Verbindnng lösen, die im Wasser auflöslichen Bestandtheile weggeführt und oftmals durch die Oxydation der zurückbleibenden unlöslichen Elemente ganz neue Verbindungen erzeugt werden, deren Znsammensetzung von derjenigen des ursprünglichen Gesteines sehr verschieden ist. Der Einfluss der Atmosphäre anf die einzelnen Felsarten ist sehr verschieden, sowohl nach der chemischen Zusammensetzung derselben, als auch nach dem Zustande von Aggregation, in welohem sich die verschiedenen Elemente des Gesteines befinden. So giebt es Granite, welche äusserst leicht verwittern nnd in kurzer Zeit in einen Sand zerfallen, der aus den einzelnen losen Elementen des Gesteines gebildet ist, während an-

dere Granite, die scheinbar dieselbe Zusammensetzung haben, unverändert der Einwirkung der Atmosphäre widerstehen. Die verschiedene Art der Aggregation ist hier ohne Zweifel die Ursache des abweichenden Verhaltens, und man kann im Allgemeinen als Gesetz aufstellen, dass die Gesteine um so leichter verwittern, je leichter sie vom Wasser durchdrungen werden. Das Resultat dieser Verwitterung stellt sich an der Oberfläche stets als ein mehr oder minder mächtiger Ueberzug von Grus, Sand oder Erde dar, welcher sich auf der Oberfläche des Gesteines anhäuft und um so mächtiger ist, je leichter dies verwittert. Die mineralischen Bestandtheile der Dammerde sind überall nur die Producte dieser verwitternden Einwirkung der Atmosphäre, und im Allgemeinen sind die schiefrigen und thonhaltigen Gesteine derselben weit mehr ausgesetzt, als compacte Kalksteine oder massive krystallinische Massen. Viele Thonschiefer, Porphyre, Granite und Basalte sind klaftertief unter mächtigen Erd- und Grusschichten vergraben, welche aus dieser Verwitterung der ursprünglichen Gesteine hervorgegangen sind. Häufig kommt es auch vor, dass die Verwitterung in der Tiefe, wo sich das Wasser mehr ansammelt, stattfindet, eine Erscheinung, welche die Steinhauer unter dem Namen des Faulwerdens bezeichnen. So ist es im ganzen Siebengebirge bekannt, dass selbst diejenigen Steinbrüche, welche in der Höhe einen fast unzerstörbaren Trachyt liefern, in der Tiefe allmälig faul werden und nicht mehr zu Bausteinen ausgebeutet werden können.

Die Gestalten der massiven Gesteine werden begreiflicher Weise §. 1099.
in mehr oder minder bedeutendem Maasse durch die Verwitterung verändert. Scharfe Ecken und Kanten, welche der Einwirkung der Atmosphäre mehr Oberfläche bieten, werden allmälig abgerundet, die Spalten, welche die Felsen in allen Richtungen hin durchziehen, durch die langsame Pulverisirung ihrer Wände erweitert und vergrössert, die Oberflächen selbst, je nach der verschiedenen Zusammensetzung der sie bildenden Elemente auch verschieden angegriffen. So ragen oft aus den verwitternden Kalksteinen die mit Kalkspath ausgefüllten Gänge sowie die fossilen Körper der ringsherum angegriffenen Masse hervor. Auf Graniten bilden die Quarzgänge und Körner, auf Serpentinen die Diallagkrystalle öfters bedeutende Vorsprünge über die ringsum angenagte und verwitterte Fläche. Die Structur der einzelnen Felsarten wird sogar oft erst deutlich durch eine beginnende Verwitterung, welche die einzelnen Elemente aus ihrer engern Verkettung löst. So zeigt sich auf dem kieselhaltigen Grobkalke, welcher den Baustein von Paris, sowie mancher anderer Gegenden bildet, oft eine wurmförmige Anfressung, welche beweist, dass die einzelnen Kieseltheilchen und Sandkörnchen, die in dem Grobkalke zerstreut sind, eine besondere Anordnung besitzen. So zeigen viele Travertine, Ba-

salte und Porphyre erst bei der beginnenden Verwitterung ihre kugelige Structur und die concentrische Anordnung ihrer Molecüle.

§. 1100. Die Abnutzung der scharfen Ecken und Kanten, und die allgemeine Abrundung, welche in vielen Fällen durch die Verwitterung entsteht, haben zu manchen sonderbaren Erscheinungen Veranlassung gegeben, deren wir hier in Kurzem gedenken müssen. In allen Gegenden, wo granitische Dome in mehr oder minder grossen Massen sich erheben, zeigen sich die oberen Schichten derselben auf mannigfaltige Weise zerspalten und zerklüftet. Das Resultat dieser mannigfachen Zerklüftung und der Verwitterung der so gebildeten Trümmer bildet die sogenannten **Felsenmeere** oder **Teufelsmühlen**, welche man im Harze, dem Oden- und Schwarzwalde, dem Fichtelgebirge und auf den granitischen Hochebenen Schottlands, Grossbritanniens und vieler anderer Orte antrifft. Die ursprünglich eckigen und mannigfaltig über einander gestürzten Trümmer, aus welchen diese Felsenmeere zusammengesetzt sind, wurden durch die Verwitterung grösstentheils abgerundet, und so jene bizarren Gestalten und wunderbaren Uebereinanderlagerungen erzeugt, mit welchen die Mährchenlust des Volkes sich so viel beschäftigt hat. — Zu denselben Erscheinungen gehören auch die seltsam gestellten Felsen und wackelnden Steine, die man öfter in granitischen Gegenden antrifft und die einzig durch die Verwitterung erzeugt wurden, während die verwitterten Theile, welche ihnen früher eine andere Gestalt gaben, durch die atmosphärischen Gewässer fortgeführt sind.

§. 1101. Zu der Verwitterung der Felsarten tragen auch wesentlich die verschiedenen Abwechselungen von Frost und Hitze bei, welche namentlich in unseren Klimaten alljährlich mit einander abwechseln. Das Regen- und Schneewasser dringt in die Spalten und Klüfte der Felsen ein, gefriert in denselben, und da es bei dem Gefrieren sich ausdehnt, so treibt es die Spalten wie ein Keil auseinander. So lange das in den Spalten gebildete Eis durch seine Adhäsion an die Wände dieselben noch zusammenhält, erleidet auch der Fels keine Veränderung; sobald aber im Frühjahre Thauwetter eintritt, so kann es geschehen, dass nun bedeutende Felsmassen aus ihrem Zusammenhange weichen und in sich zusammenstürzen. Man bemerkt deshalb in allen Bergländern, dass in dem Frühjahr gewaltige Felsstürze an den verschiedensten Stellen sich wiederholen, und die Loslösung der grösseren Blöcke in den höheren Alpen, die beständig fortdauert und alljährlich eine ungeheure Quantität von Trümmern liefert, ist lediglich diesem verderblichen Einflusse des Frostes zuzuschreiben. Die Katastrophe, welche in den letzten Jahren das Dorf Felsberg in Graubündten mit dem Untergange bedrohte, und deren endliche Erfüllung noch zu erwarten

steht, scheint wesentlich durch die Einwirkung des Frostes bedingt. Ueber dem Dorfe erhebt sich nämlich ein senkrecht gespaltener auf Schieferunterlage ruhender Dolomitfels, in dessen weiten Klüften das eindringende Wasser keilartig wirkt und so den Felsen selbst seinem endlichen gänzlichen Sturze entgegenführt.

Der Einfluss des Wassers auf die Erzeugung dieser Felsstürze beschränkt sich indess nicht bloss auf seine durch den Frost bedingte Ausdehnung, sondern es wird auch durch die Auswaschung einzelner Partien der Sturz der darauf ruhenden Massen bedingt. Fast überall zeigen sich in den Gebirgsgegenden solche Stellen, wo härtere, zerklüftete Gesteine auf schiefrigen oder thonigen Schichten ruhen, welche durch das einsickernde Wasser aufgelockert und so lange weggeführt werden, bis endlich die überliegenden Massen keine genügsame Stütze mehr finden und nun, dem Einfluss ihrer Schwere folgend, zusammenbrechen. Der Bergsturz bei Goldau (Fig. 851), welcher am 2. Sep- §. 1102.

Fig. 851.



Der Bergsturz von Goldau.

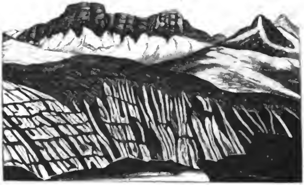
a Der Rossberg. *b* Der Lowerzer See. *c* Die herabgestürzten Trümmer.

tember 1806 nach anhaltendem Regen statthatte und vielleicht 800 bis 1000 Menschen das Leben kostete, bietet eins der besten Beispiele für eine solche Degradation, indem er zugleich einen Maassstab der Grösse geben kann, in welcher diese Erscheinungen zuweilen auftreten. Die beistehende Figur kann eine Idee der hier obwaltenden Verhältnisse geben. Der Rossberg oder Rufiberg *a* bildet dem Rigi gegenüber einen 5200 Fuss über der Meeresfläche erhabenen Kamm, der aus steil abfallenden, über einander liegenden Schichten von Nagelfluhe und Mergelthon zusammengesetzt ist. Die Neigung der Schichten beträgt etwa 45 Grad. Die mannigfach zerklüftete Nagelfluhe lässt das Wasser bis auf die Thonschichten durchsickern, die dadurch erweicht und aufgeschwemmt werden. Am oben bezeichneten Tage glitten die sämmtlichen oberen Schichten auf dem geneigten schlüpfri-

gen Thonbette in das Thal hinab. Ungeheure Blockmassen begruben in einem Augenblicke das blühende Dorf Goldau, mehrere Weiler und Meierhöfe, die auf der gegenüberstehenden Thalseite lagen. Der ganze Thalgrund wurde mit Trümmern erfüllt, das Dorf Lowerz grossentheils von einem Schlammstrome zerstört, und die Gewässer des Lowerzer Sees (*b*) von der ungeheuren Trümmermasse, welche den Thalausgang sperrte, plötzlich so sehr angeschwellt, dass sie ihre Ufer überschwemmten und die umliegenden Dörfer mit Zerstörung bedrohten.

§. 1103. Man ist erst in der neuesten Zeit auf die geologische Wichtigkeit derjenigen Abnutzungen aufmerksam geworden, welche sich auf der Oberfläche der Felsen in Folge der Einwirkung des flüssigen, in Bewegung befindlichen Wassers zeigen. Zu diesen Abnutzungen gehören hauptsächlich die Karrenfelder, die Riesentöpfe und die Wasserschliffe.

Fig. 852.



Karrenfeld auf der Silberen im Canton Schwyz.

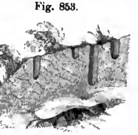
Karren nennt man in den Alpen senkrecht der Falllinie nach gefurchte Kalkflächen, auf welchen sich mehr oder minder gewundene hohle Rinnen zeigen, deren Tiefe ausserordentlich wechselt, zuweilen aber selbst bis zu mehreren Klaftern Tiefe sich erstreckt. Die Zwischenräume zwischen diesen Hohlkehlen und gewundenen Rinnen sind zuweilen einen und mehrere Fuss breit, oft aber auch so schmal, dass sie nur scharfe Rücken oder Kämme bilden, welche dem Bergwanderer die grössten Schwierigkeiten entgegensetzen. Es finden sich diese Furchen an vielen Stellen der Alpen und zwar in der Regel nur auf Kalkfelsen von eigenthümlicher Structur. Man hat sie indess in neuester Zeit auch in krystallinischen, primitiven Felsmassen, namentlich auf Granit und Gneiss, entdeckt. Ihre Entstehung beruht augenscheinlich auf der Einwirkung des Regen- und Schneewassers auf die nack-

ten Felswände. Diese bieten auf ihrer Oberfläche geringe, unbedeutende Abwechselungen von Löslichkeit dar. Das abfliessende Wasser gräbt sich allmälig eine Rinne, vertieft diese nach und nach, bis endlich jene Tiefen, Gräben und Furchen entstehen, die man wesentlich mit dem Namen der Karren bezeichnet.

Eine ähnliche Einwirkung zeigt sich an den Gestaden der Flüsse, §. 1104.
besonders aber der Seen und des Meeres, wo diese von festem Gestein gebildet werden, welches nur eine sanfte Böschung hat. In solchen Fällen, wo die Wellen in regelmässiger Fortschreitungslinie über den Strand sich hinbewegen und bei dem Abflusse das Wasser der Richtung der Falllinie nach sich zurückzieht, bilden sich auf den Felsenufern gewundene, mehr oder minder tiefe Gräben mit abgerundeten Rändern, welche offenbar in der ungleichen Löslichkeit der Felsen ihren Grund haben. Diese Wasserfurchen, welche man namentlich an den Ufern des Neuenburgersees, auf den Kalksteinen des Jura, sowie an den Meeresküsten Skandinaviens auf krystallinischen Gesteinen beobachtet, sind den Karren durchaus in jeder Beziehung analog, und einzig dadurch vielleicht verschieden, dass die Ränder der Furchen leicht abgerundet und abgeschliffen sind, während sie an den Karren meist mehr oder minder scharfe Kanten bilden. Es hängt dieser Unterschied offenbar nur davon ab, dass die Felsen des Gestades ebensowohl von der Welle, welche über sie hinwegspült, überschwemmt werden, als von dem abfliessenden Wasser, welches hauptsächlich die Rinnen gräbt, während die ansteigende Welle die vorstehenden Kanten abrundet. Bei den Karren hingegen, wo nur das abfliessende Wasser die Rinnen gräbt, tritt diese Ausgleichung der Kanten nicht auf.

Die Riesentöpfe, welche man namentlich in Schweden, dem §. 1105.
Harz, Schottland, der Bretagne und an vielen Orten in den Alpen trifft, bilden runde kesselförmige Vertiefungen mit matt geschliffenen Wänden, die sich meist in der Nähe von Wasserfällen, Stromschnellen, oder an solchen Orten finden, welche bei der frühern Existenz ausgedehnter Gletscher zu Wasserfällen Veranlassung gehen konnten. Auf dem Boden dieser Riesentöpfe finden sich meist ein oder mehrere Rollsteine (Fig. 853), und es scheint, dass diese durch Strudel umhergetrieben, vorzüglich zur Aushöhlung der kesselförmigen Vertiefung beigetragen haben. Man bemerkt an

Fig. 853.



Senkrechte durch Rollsteine gedrillte Röhren am Ufer eines Baches.

dem Ufer der Aar unmittelbar vor der letzten, in der Nähe der Grimsel befindlichen Brücke eine solche Vertiefung, welche bei tiefem Wasserstande trocken liegt, während beim Anschwellen des Wassers im Frühjahr ein reissender Strudel in derselben die Rollsteine im Kreisel umhertreibt.

§. 1106. Die Schliffflächen, welche das Wasser auf der Oberfläche der Felsen hervorbringt, zeichnen sich durch einige besondere Charaktere leicht vor anderen ähnlichen Flächen aus. Sie haben in Folge der ungleichen Auflöslichkeit, welche die verschiedenen Partikeln der Steine bieten, eine matte Politur und mehr oder minder gewölbte Oberflächen, auf welchen sich hier und da die eigenthümlichen, gewundenen Rinnsale und Gräben zeigen, welche sich den Karren nähern. Härtere Theile, Krystalle, Knoten, Fossilien oder mit anderm Gestein ausgefüllte Gänge bilden auf diesen vom Wasser hervorgebrachten Schliffflächen Hervorragungen, welche im Verhältniss zu ihrer Unauflöslichkeit stehen. Streifen fehlen diesen Schliffflächen durchaus; die geradlinigen Ritzen, welche die Gletscherschliffe auszeichnen, werden unter allen Umständen vermisst, und es ist bei dem Mangel derselben sowie bei der ungleichförmigen Abnutzung der einzelnen Bestandtheile der Gesteine und dem matten Ansehen dieser Flächen durchaus nicht möglich, dieselben mit Gletscherschliffen zu verwechseln. Die Oberflächen der Rollsteine, welche in dem strömenden Wasser gebildet werden, zeigen ganz dieselbe Beschaffenheit, dasselbe matte Ansehen und den gleichen Mangel an Streifen, der auch hier den wesentlichen Charakter zur Unterscheidung der Wassergerölle von den Gletschergeröllen abgiebt.

§. 1107. Es hängt ebensowohl von der Beschaffenheit der Thalwandungen und des Gesteins, aus welchem diese zusammengesetzt sind, als von der Bewegungsgeschwindigkeit des Gewässers ab, ob die Einwirkung desselben sich nur auf Hervorbringung von Schliffflächen und runsenförmigen Erosionen oder noch weiter auf Bildung von Thälern und Schluchten erstreckt. Jeder Strom hat in der Länge seines Laufes verschiedene Momente entgegengesetzter Wirkung; an dem einen Orte gräbt er sein Bett aus, sobald die Stosskraft, welche er ausübt, grösser ist, als die Cohäsion des Gesteines, welches sein Bett bildet, an dem andern Orte setzt er im Gegentheil Gerölle ab, sobald die Bewegungskraft geringer ist, als der Widerstand der Geschiebe. Eine jede Vergrösserung der Wassermasse durch anhaltenden Regen oder sonstigen Zuschuss muss, indem sie die Bewegungsquantität erhöhet, der Erosion Vorschub leisten, und aus diesem Grunde erklären sich die Zerstörungen, welche sich meist nach Ueberschwemmungen in den Flussbetten finden. Die Art der Zerstörung selbst ist ausserordentlich verschieden

je nach der Structur der Thalwände; bestehen diese, wie so häufig, aus lockeren Materialien, beweglichen Geröllen und Kiesablagerungen, so bedingt der Strom, indem er am Grunde des Bettes sich einfrisst, das Nachstürzen der umgehenden Schuttmassen, welche je nach der Festigkeit des Cämentes, das sie zusammenhält, mehr oder minder steile Böschungen nach dem Strome hin bildet. Sind diese Conglomerate und Kiesablagerungen, welche der Strom durchschneidet, fest mit einander verkittet, so werden die Gefälle ungemein steil, ja selbst senkrecht, was indessen nicht verhindert, dass die Erosion in bedeutender Schnelligkeit vorangeht und die Tiefe des Strombettes in beträchtlichem Maasse zunimmt.

Ein genau constatirtes Beispiel einer solchen Erosion liefert das Flussbett der Kander in der Nähe des Thunersees. Dieser Bergstrom, welcher die Gewässer des Simmen- und Frutigen-Thales vereinigt und früher unterhalb des Sees in die Aar mündete, wurde im Jahre 1714 durch einen Durchstich in den See selbst gelenkt, in welchem sich seit dieser Zeit ein bedeutendes Delta abgelagert hat, das grösstentheils aus den Producten der Erosion selbst zusammengesetzt ist. Die Länge des seit 1714 hervorgebrachten Erosionsbettes beträgt mehr als eine Stunde, die Breite an einigen Orten, wo der Strom öfters den Lauf änderte und grössere Lockerheit des Gesteines bedeutendere Nachstürze und Erweiterungen des Bettes veranlasste, beträgt mehr als 1/4 Meile, die Tiefe des Strombettes unter dem ursprünglich angelegten Durchstiche an dem Ausflusse des Stromes in den See mehr als 100 Fuss. §. 1108.

In festeren Gesteinen von compactem Gefüge, die aber dennoch der Einwirkung des Wassers nicht widerstehen, schneiden sich die Ströme an solchen Orten, wo sie eine besondere Schnelligkeit bieten, Betten mit verticalen Wänden ein. Je mehr sich diese vertiefen, desto mehr nimmt auch der Fall des Stromes ab, und desto unbedeutender wird die Erosion im Laufe der Zeit. Ein Beispiel einer solchen Erosion liefert der Simeto, ein kleiner Fluss, welcher längs der südlichen und westlichen Grenze des Kegels vom Aetna hinläuft und unterhalb Catania sich in das Meer ergiesst. Im Jahre 1603 ergoss ein Lavastrom sich von dem Kegel des Aetna herab und versperrte das Thal, in welchem der Simeto fliesst, indem er einen Querdamm bildete. (Auf der Karte der Lavaströme des Aetna ist dieser Strom von 1603 mit Nro. 4 bezeichnet.) In der jetzigen Zeit hat sich der Simeto quer durch diesen Lavawall ein Bett gegraben, dessen Breite zwischen 50 und mehren hundert Fussen wechselt, während seine Tiefe an einigen Orten 50, an anderen nur 40 und weniger Fuss beträgt. Die Lava selbst ist sehr compact, homogen und in ihrem Verhalten dem Basalte §. 1109.

ähnlich, sie zeigt indess nichts desto weniger wesentliche Verschiedenheiten hinsichtlich ihres Verhaltens gegen das Wasser, indem an einigen Stellen die Erosion bedeutender ist und Wasserfälle von etwa 6 Fuss Höhe gebildet hat. Die hier beistehende (Fig. 854) giebt ein Profil, welches der Axe des Lavastromes entlang genommen ist und

Fig. 854.



Durchschnitt der Schlucht des Simeto im Lavastrome von 1603.

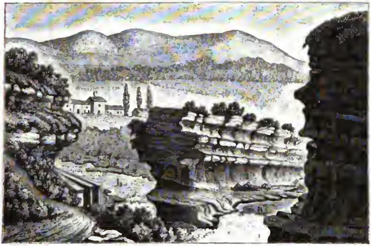
a Lavastrom. *b* Aetnakegel. *d* Simetoschlucht. *c* Ehemaliger Boden des Thales. *f* Geschichtete Gesteine der Umgebung des Aetna.

das Flussbett des Simeto in querer Richtung durchschneidet. Der vom Kegel des Aetna herabkommende Lavastrom ist mit *a* bezeichnet, der Kegel des Aetna selbst mit *b*, das Bett des Simeto befindet sich bei *d*, während *c* das alte Flussbett desselben und die Geschiebeablagerungen auf dessen Grunde, und *f* die tertiären und Kreideschichten bezeichnet, welche den Boden der Umgegend des Aetna und vielleicht auch des Kegels selbst bilden. Das jetzige Gefälle des Simeto würde wohl schwerlich zur Ausfressung einer solchen Schlucht von 40 bis 50 Fuss Tiefe hingereicht haben, und es ist daher wahrscheinlich anzunehmen, dass die Wasser des Flusses durch den Querwall, welchen die Lava bildete, aufgestaut, und so hinter dem Lavastrom ein See gebildet wurde, der sich über den Lavastrom hin entleerte und hier einen Wasserfall bildete, durch dessen rückfressende Wirkung die Schlucht schnell vergrössert wurde, bis endlich nach vollständiger Durchschneidung des Lavadammes der Wasserfall verschwand und der Simeto einen mehr gleichförmigen Fall erhielt.

§. 1110. Eines der schönsten Beispiele lange fortdauernder Erosion durch Ströme zeigt die Umgegend von Bellegarde (Departement de l'Ain), wo der Durchbruch der Rhone durch den südlichen Jura stattfindet. Der Boden des Rhonethales zwischen Seyssel und Bellegarde, sowie des Thales der Valserine, welches das von Nord nach Süd laufende Rhonethal nach Norden bis Chatillon de Michaille fortsetzt, ist von dem oberen Néocomien (Rudistenkalk, Urgonien) gebildet, einem weissen, blättrigen krystallinischen Kalke, dessen festere Bänke mit sandigen und mergeligen Schichten abwechseln. In diesen Kalk haben nun

die Rhone wie die Valserine (Fig. 855) ihr Bett eingeschnitten. Die festeren Kalkbänke werden anfangs eng eingeschnitten, dann aber un-

Fig. 855.



Zusammenfluss der Rhone und Valserine unterhalb Bellegarde.

a Rhone. *b* Valserine. *c* Stadt Bellegarde.

terwaschen durch die Ausspülung der mergeligen Schichten, bis sie endlich, ihrer Unterlage beraubt, einstürzen. So werden dann schmale Thäler gebildet, zu deren Seiten sich senkrechte Mauern erstrecken, an denen die festeren Schichten wie horizontale Gesimse sich hinziehen. In der Tiefe dieser Thalschluchten rauscht der Fluss in eng eingeschnittenem Bette; der Boden der Thalschlucht wird stets von einer festeren Schicht gebildet, die oft noch durch unterwaschene Brücken zusammenhängt und unter welcher man zu beiden Seiten die Wasser in den ausgewaschenen mergeligen Schichten rauschen hört. Oft ist auch der enge Einschnitt durch übergestürzte Blöcke ganz verdeckt. Dies ist der Fall bei der Perte du Rhone unmittelbar zur Rechten des Zusammenflusses, den unsere Abbildung darstellt. Der schmale Einschnitt in die feste Schicht, unter welcher die Rhone auswäscht, ist durch herübergestürzte Blöcke der oberen zerbrochenen Schichten überbrückt, und bei niederem Wasserstande fliesst die Rhone unter dieser natürlichen Brücke durch, scheint also im Gebirge zu verschwinden. Bei hohem Wasserstande aber sind die seitlichen Höhlen vollständig erfüllt und die Rhone schiesst dann über die Blockbrücke weg auf der Thalsohle fort.

§. 1111. Die **Wasserfälle** üben in der That durch die ungeheure Stosskraft, welche sie besitzen, eine äusserst zerstörende Wirkuug auf die Felsufer aus, die hauptsächlich darin besteht, dass der Wasserfall selbst stets mehr und mehr thalaufwärts nach dem Ursprunge des Stromes hinrückt. Es lässt sich diese Wirkung der Wasserfälle leicht erklären, wenn man bedenkt, dass die Wirkung der Erosion hauptsächlich an dem Punkte sehr mächtig ist, wo die Wassermasse auffällt, dass mithin dort eine kesselförmige Vertiefung gebildet wird, die sich mehr und mehr erweitert und namentlich gegen die Felswand hin sich ausbreitet, indem hier dem wirbelnden Wasser durch den herabstürzenden Strom selbst der Abfluss versperrt ist. An der ganzen verticalen Felswand, über welche der Strom hinabstürzt, ist die Erosion um so unbedeutender, als die Geschwindigkeit des Stromes diesen in bedeutenderem Bogen vorwärts schiessen lässt. Die Schwelle selbst aber, über welche der Strom sich hingiesst, wird in Folge der durch den Fall beschleunigten Geschwindigkeit bedeutender angegriffen. Die Felswand, über welche hin sich ein Wasserfall ergiesst, wird demnach zugleich oben, am bedeutendsten aber in der Tiefe des Kessels angenagt, und eine Folge dieser Wirkung ist, dass die Felswände, allmälig unterwühlt, während sie zugleich von oben eingeschnitten werden, in sich zusammenstürzen, und somit der Wasserfall nach hinten zurückweicht.

§. 1112. Die berühmten Wasserfälle des Niagara zwischen dem Erie- und Ontariosee bieten das bemerkenswertheste Beispiel einer solchen rückschreitenden Bewegung eines Wasserfalles dar. Die Gegend zwischen diesen beiden Seen, deren Niveauunterschied 330 Fuss beträgt, während ihre Entfernung auf 32 englische Meilen, etwa 12 Wegstunden, geschätzt werden kann, besteht aus verschiedenen Gesteinen, welche alle dem silurischen Systeme angehören und fast horizontal über einander liegen, doch insofern gelinde gegen den oberen Eriesee einschiessen, dass die Schichtenköpfe nach unten gegen den Ontariosee hin gerichtet sind, wie sich dies auf dem Durchschnitte (Fig. 856) zeigt, auf dem, der Deutlichkeit wegen, diese Schichtenneigung bedeutend vergrössert ist. Aus dieser schwachen Neigung der Schichten lässt sich erklären, dass man in dem ganz flachen Lande zwischen den beiden Seen mehre Schichtenfolgen trifft, welche über einander lagern. Gegen den Ontario hin bilden diese silurischen Schichten ein scharf abgesetztes Riff, und der Niagara selbst zieht sich in einer engen, tief eingeschnittenen Schlucht hin, deren senkrechte Wände an den jetzigen Wasserfällen in Halbkreise geschlossen sind. Die Felswände selbst, über welche die Wasser jetzt stürzen, bestehen oben aus 70 Fuss mächtigen, compacten Kalkschichten, in neuesten Zeiten Niagarakalk genannt (Nr. 4, Fig. 856). Unter diesen soliden Kalkschichten zeigen sich dichte Lager eines schiefrigen, äusserst leicht verwitternden und

zerfallenden Gesteines, welches beständig von dem Strom angefressen und unterminirt wird (Niagaraschiefer, Nr. 3 auf dem Durchschnitte). Die natürliche Folge eines solchen Verhältnisses muss darin bestehen, dass die aufliegenden Kalkschichten, nach und nach ihrer Stütze beraubt, zusammenbrechen, und allmälig der Fall auf diese Weise nach dem Eriesee zurückweichen muss. Das Verhalten der ganzen Schlucht lehrt auch ohne Zweifel, dass einst der Niagara über die Felsen, welche das Becken des Ontariosees umgeben, hinabstürzte und allmälig erst nach hintenzu sich einfrass. Neuere Untersuchungen haben sogar durch Nachweisungen von älteren Süsswasserablagerungen (Nr. 7) auf der weiten Strecke zwischen dem Eriesee und den jetzigen Fällen bewiesen, dass der Niagara hier früher ein weit ausgedehnteres Bett besass. Das Rückschreiten des Falles wird der geologischen Beschaffenheit des Landes nach so lange dauern, bis der Fall einen Punkt erreicht hat, wo sein Boden nicht mehr durch Schiefer, sondern vielmehr durch Kalkstein gebildet wird, und wo demnach das beständige Unterminiren dieses letzteren aufhören muss. Der Durchschnitt der Gegend zwischen dem Erie- und dem Ontario-See (Fig. 856) erläutert diese Verhältnisse. Die horizontale Linie *a* giebt die Höhe des Ontario, die Linie *bcdfgh* bezeichnet das jetzige Niveau des Niagara, während *ii* das jetzige des Eriesees angiebt. Die Fälle befinden sich jetzt zwischen *d* und *f*. — Unter den verschiedenen geologischen Formationen zeichnet sich ein rother mergeliger Sandstein aus, mit untermischten Quarzitschichten, welcher namentlich an den Ufern des Ontariosees und als unterstes Lager der denselben umgebenden Abstürze angeschlossen ist. Er ist im Durchschnitte mit 1 bezeichnet. Ueber diesem Sandstein finden sich einige dünne Betten grünen Schiefers und festen grauen Kalksteines (Nr. 2 auf dem Durchschnitte), welcher letzterer in jetziger Zeit gerade den Grund und Boden der Fälle bildet. Auf diesem grauen Kalksteine ruhen nun die leicht zerstörbaren Niagaraschiefer

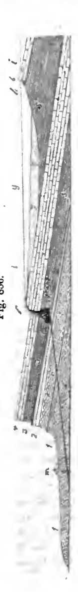


Fig. 856.

Durchschnitt des obersilurischen Systemes zwischen dem Ontario- und Erie-See. *a* Niveau des Ontario. *bcdfgh* Niveaulinien des Niagara. *i* Niveau des Erie. *kl* Zukünftige Falllinie des Niagara. *m* Lewiston. 1 Medina- und Oneida-Sandsteine. 2 Clintongruppe. 3 Niagaraschiefer. 4 Niagarakalk. 5 Onondagasandstein. 6 Pentamerenkalk. 7 Süsswasserschichten.

(Nr. 3 auf dem Durchschnitte), über welchen dann die compacten Lager des Niagarakalksteines (Nr. 4 auf dem Durchschnitte) sich finden. Diese Kalksteine sind wieder von Mergel und andern triabeln salzhaltigen Materialien (Nr. 5 des Durchschnitts) überdeckt, als deren letztes den Eriesee unmittelbar begrenzendes Glied wieder ein compacter Kalk erscheint (Nr. 6 auf dem Durchschnitte). Die horizontalen Lager von Süsswasserkalk, welche sich hier und da auf der Ebene zwischen dem Eriesee und den Fällen befinden, sind in dem Durchschnitte unter (Nr. 7) angedeutet. Endlich wurde durch eine gebrochene Linie kl der Durchschnitt des Flusses angedeutet, welcher bestehen wird, wenn die Fälle selbst noch um 2 Meilen zurückgewichen sind. Die Fälle werden sich dann, wie der Durchschnitt lehrt, ganz in dem Gebiete des Niagarakalkes befinden. Die Erosion wird nur unbedeutend sein, da die jetzige Hauptzerstörungsursache, das Auswaschen der Schiefer, wegfallen wird, und die grossartige Bildung der Fälle selbst wird damit das Ende ihres successiven Rückschreitens erreicht haben.

§. 1113. In Folge ihrer ausgrabenden Eigenschaft zeigen die meisten Ströme längs ihrer Ufer geringe Aushöhlungen, welche den mittleren Wasserstand bezeichnen, in fast horizontalen Linien fortlaufen und an Felsufern namentlich oft so gering sind, dass man sie erst in einiger Entfernung bei niedrigem Wasserstande als Linien erkennt, welche dem Stromgefälle parallel längs der Felswände sich hinziehen. Sind die Thalwände weniger fest, so zeigen sich diese Linien als senkrechte Abstürze, unterhalb welcher das Geröll in fast horizontaler Lagerung sich hinzieht. Es bilden diese Terrassen ein wesentliches Hülfsmittel zur Erforschung des früheren Laufes von Strömen und zu der Bestimmung der früheren Ausdehnung ihrer Becken. In den meisten Flachländern, sowie in denjenigen Flussthälern der Gebirge, deren Erweiterung die Existenz solcher Terrassen zulässt, zeigen sich deren eine oder selbst mehre über einander, die manchmal hundert und mehr Fuss hoch über dem jetzigen Thalboden sich hinziehen, dem blossen Auge horizontal erscheinen, bei genauerer Messung aber eine bestimmte Neigung nach dem Ausgange des Thales hin besitzen. Offenbar beweisen diese alten Niveaulinien und Terrassen, dass dieselben Ströme, welche jetzt auf dem Boden der Thäler rinnen, einst eine weit grössere Ausdehnung besassen.

Die Hebungsspalten, welche die Gebirge zerschneiden, dienen gewöhnlich den Gewässern als Abzug und sind dann von den Strömen erweitert und weiter in die Tiefe eingefressen worden. So sind alle jene Risse, durch welche z. B. die Birs im Münsterthale, der Seyon zwischen Valengin und Neufchatel, die Aar zwischen Meyringen und Hasli im Grund ihren Weg finden, ursprüngliche Hebungsrisse, die von dem durchströmenden Gewässer ausgenagt, erweitert und vertieft

wurden. In den Bergketten mit bedeutenden Gehängen mögen, wie Rütimeyer annimmt, die Thalbildungen von unten herauf vorgeschritten sein, indem durch die rückwirkende Stosskraft des fallenden Wassers die Thalriegel gewissermassen durchgesägt wurden — die ungeheuren Erosionen in wenig geneigten Ebenen, wie z. B. die Canons des Colorado, mögen der Vorzeichnung durch Hebungsspalten ihre erste Entstehung verdanken.

Die Erosionen an den Küsten der Meere erscheinen ihrer Masse nach unendlich viel bedeutender, als diejenigen durch die strömenden Gewässer des Festlandes, und sicherlich sind die Anschwemmungen, welche die Flüsse von dem Festlande aus in das Meer führen, nur höchst gering im Verhältniss zu der Masse von abgeriebenem Gesteine, welches durch den Wellenschlag und die Brandung losgerissen und auf den Boden des Meeres zu neuer Schichtbildung geführt wird. Die Structur der Küsten, sowie die Verhältnisse von Ebbe und Fluth, und ferner die Aussetzung der Küsten den herrschenden Winden gegenüber, bedingen hier die mannigfaltigsten Abänderungen. Meere ohne Ebbe und Fluth, wie das Mittelmeer, haben eine weit geringere Wirkung auf ihre Ufer, als solche, wo durch die Ebbe und Fluth eine mehre Fuss mächtige Lage in verticaler Richtung der abwechselnden Einwirkung der Brandung ausgesetzt wird. §. 1114.

Die Festigkeit des Gesteines kommt hier zuerst in Betracht. Weiche Gesteine, wie Thon, Kreide u. s. w., werden in viel grösserer Masse weggeführt, als compacte oder derbe krystallinische Gesteine. So sieht man denn oft, dass Gänge von Lava oder Basalt, von Trapp- oder Grünsteinen, welche weiche Thone und Schiefer durchbrochen haben, als Wälle und einzelne Klippen in dem Meere stehen bleiben, während das weichere Gestein zerstört worden ist.

Fig. 857.



Polventon-Bucht in Cornwallis. *a* Küste aus weichem Schiefer. *b* Gang festen Grünsteines, der einen natürlichen Hafendamm bildet, indem das Meer die Schiefer weggeführt hat.

Oft hängt auch die Ausfressung durch die Wogen nur von unbedeutenden Structurveränderungen im Innern der Masse ab, so dass dann die Küste verschiedene Einfressungen zeigt, welche durch härtere Abtheilungen von einander getrennt sind, und die meist das Ansehen gewundener Rinnen haben, welche dem Abhange des Ufers nach gegen das Wasser sich hinziehen.

§. 1115. Die Schichtenstellung übt einen nicht minder bedeutenden Einfluss aus. Schichten, welche so geneigt sind, dass die Brandungswogen an ihrer geneigten Fläche hinaufsteigen müssen, werden am wenigsten von

Fig. 858.



den Wellen abgenutzt werden; horizontale Schichten dagegen, oder solche, die schwach gegen das Land einfallen, dem Wasser den geringsten Widerstand entgegensetzen. Die den Wogen zugänglichen Schichtenköpfe werden nämlich nach und nach abgenutzt und die Küste so unterwaschen, dass sie endlich das in (Fig. 859) dargestellte Profil bekommt.

Fig. 859.



kommt. Begreiflicher Weise muss endlich ein Punkt eintreten, wo das Gewicht der überhängenden Massen ihre Cohäsion überwiegt und diese dann herabstürzen. Die Insel Helgoland wird auf diese Weise beständig

von der Meeresbrandung benagt, so dass ihr Umfang fast sichtlich kleiner wird. Gewöhnlich bildet indessen dies Nachstürzen der überhängenden Massen eine Art von Schutzwall für die Küste, wie dies in (Fig. 860) dargestellt ist.

Fig. 860.



a Sandsteinschichten. *b* Weiche Thonschichten. *c* Herabgestürzte Sandsteinblöcke. *d* Das Meer.

Die unterwaschenen Thonschichten sind hier durch die Anhäufung der Sandsteinblöcke vor dem unmittelbaren Andrange der Wogen geschützt. Aehnliches beobachtet man an den Kreideklippen der Küsten Englands, Frankreichs, Dänemarks und der Insel Rügen. Die senkrecht abgeschnittenen Kreidewände (Fig. 861) enthalten Lager von Kieselsteinen und härteren Concretionen, welche durch die Auswaschung der Kreide herabgefallen sind und nun am

Fig. 861.



Fusse der Klippe den Wall *b* bilden, der vor weiterer Abnutzung schützt. Heftige Sturmfluthen, welche Massen von mehr als 100 Centnern Schwere fortbewegen können, reissen indess häufig solche Brandungsdämme ein, worauf dann die nagende Action der Wogen sich aufs Neue fortsetzt.

Die Auswaschung in dieser Art bewirkt oft an den Küsten die mannigfaltigsten Veränderungen. Durch die Auswaschung der unterliegenden Schichten stürzen häufig ganze Abtheilungen der daraufliegenden Küstenstriche in sich zusammen, wodurch dann an den Küstenklippen selbst die mannigfaltigsten Verwerfungen hervortreten, die man ohne die Kenntniss dieser Ursache für Resultate von Hebungen erklären konnte. So sieht man an den Kreideklippen der Insel Moen in der Ostsee die mannigfaltigsten Biegungen und Verwerfungen von weissen Kreideschichten, welche die lange Klippenlinie, Moens-Klint genannt, zusammensetzen, Verwerfungen, die denjenigen eines Kohlenfeldes, das auf die mannigfaltigste Weise von Trappgängen durchbrochen ist, im Mindesten nichts nachgeben.

Ganze Schichtenmassen werden auf diese Weise nach nnd nach vertilgt und zu neuer Schichtbildung in das Meer verführt. Anfangs bleiben, wie in der Skizze (Fig. 862), einzelne Landzungen oder Insel-

Fig. 862.



chen als vorgeschobene Posten stehen, die indess bei der fortdanernden Wogenwirknng nach nnd nach verschwinden. Zuweilen geben nur einzelne zahnartige Klippen noch Zengniss von der Existenz anderer Schichten, die an gewissen von dem Meere jetzt überwogten Stellen noch übrig geblieben sind. So steht in der Skizze (Fig. 863) nnr noch ein nackter Fels als Rest mächtiger breiter Sandsteinschichten da, welche auf den Kanten von Schiefern auflagerten, deren Schichtenköpfe den Boden der Meeresbuchten bildèn.

Fig. 863.



a Der Thurleston-Fels bei Ligbury in Devonshire. *b* Schiefer.

Da die abreibende Wirknng der Wogen nur bis auf eine gewisse, nicht sehr bedentende Tiefe geht, so ist es klar, dass bei solcher Erosion durch die Meereswogen allmälig eine ziemlich ebene Fläche auf dem Grunde der Bncht- und Seearme erzeugt werden muss, auf der

dann die nachfolgenden Ablagerungen sich niedersenken können. Es giebt diese Action der Meereswogen vielleicht den Schlüssel zu einer ziemlich auffallenden Erscheinung, die man besonders an älteren Gesteinsschichten beobachtet. Trotz der mannigfaltigsten Windung der Schichten, trotz der vielfachen wellenförmigen Auf- und Abbiegungen sind hier oft grosse Ebenen hergestellt, die bei genauerer Untersuchung fast so erscheinen, als hätte man mit einem gigantischen Hobel die ganze Oberfläche bis auf eine gewisse Tiefe abgenommen, so dass oft dieselbe Schicht zwanzig und mehre Male auf der Bodenfläche erscheint mit ihrem Schichtenkopfe, dann wieder verschwindet, um aufs Neue nach muldenförmiger Biegung wieder aufzutauchen.

Auf diesen gleichsam abgehobelten Schichtenköpfen haben sich dann spätere Schichten horizontal abgelagert. Gewiss giebt kein auf dem Festlande strömendes Wasser eine genügende Erklärung für die Erscheinung solcher grossartigen Denudationen, die man vielleicht der Wirkung eines seichten Meeres auf seinen dem Wellenschlage noch zugänglichen Boden zuschreiben dürfte.

Das Endresultat aller dieser zerstörenden Einwirkungen oder der gesammten Degradation auf die Erdoberfläche ist die Reduction der festen Massen, welche die Continente bilden, zu losen Geschieben und wegführbaren Theilen, die von dem Wasser allmälig abgespült und nach den Sammelbecken, besonders dem Meere, hingeführt werden. In diesem bauen sich so aus den Trümmern des vorher fest Gewesenen wieder neue Schichten auf. — Dasselbe Verhältniss begegnet uns in den älteren geologischen Formationen. Bei vielen Gebilden, welche nur mechanische Umänderung erlitten haben, wie bei den Nagelfluhen, Conglomeraten etc., können wir nachweisen, aus welchen älteren Gesteinen dieselben durch Degradation und spätere Umgestaltung hervorgingen; bei anderen, noch feiner zertheilten Massen, besonders Sandsteinen und Thonen, lässt sich meist nur vermuthen, aus welchen Gesteinen sie herstammen; bei den meisten Kalkgesteinen endlich hat chemische Umbildung und Zersetzung mittelst des organischen Lebens gewirkt, und in solchen Fällen ist es dann meist unmöglich, auf das Muttergestein zu schliessen, aus dessen Zerstörung die neue Schicht hervorging. §. 1116.

3. Die Boden-Erschütterungen.

Die Erschütterungen des Bodens oder Erdbeben stellen eine Reihe von Erscheinungen dar, die von verschiedenen Ursachen hergeleitet werden können, stets aber von Stössen ausgehen, die aus der Tiefe kommen und sowohl die starre Erdrinde als auch das Meer in Bewegung versetzen. Es versteht sich von selbst, dass jeder auf §. 1117.

die Erdrinde geführte Stoss sich wellenförmig nach allen Seiten ausdehnen und dass diese Mittheilung der Bewegung in der Peripherie stets abnehmen muss, bis endlich die von dem Stosse erzeugten Bewegungswellen so undeutlich werden, dass sie der Auffassung gänzlich entgehen. Je heftiger der Stoss, desto weiter auch dehnt sich, bei sonst gleichen Verhältnissen, diese fühlbare Mittheilung aus. Man hat indessen verschiedene Arten von Bewegungen, namentlich bei den stärkeren Erdbeben, unterschieden.

Die undulatorische oder wellenförmige Bewegung ist die gewöhnlichste und wird etwa mit der Fortbewegung eines Schiffes durch die Wellen verglichen. Der Boden hebt und senkt sich in abwechselnden Zwischenräumen und zwar fortschreitend nach einer gewissen Richtung, die man sehr wohl unterscheiden kann. Es ist diese Art von Erdbeben die häufigste und am wenigsten gefährliche, da im Allgemeinen die bewegten Stücke der Erdrinde in ihrer wechselseitigen Lage zu einander bleiben und nur eine geringe momentane Veränderung der Horizontalität stattfindet, wodurch die Gebäude weniger afficirt werden.

Die aufstossende oder succussorische Bewegung ist schon weit gefährlicher. Das Erdreich wird hier vertical in die Höhe geworfen, wie durch einen in senkrechter Linie von unten her angebrachten Stoss, der oft so heftig ist, dass förmliche Auswürfe wie von der Explosion einer Mine entstehen und Löcher und trichterförmige Vertiefungen zurückbleiben.

Endlich hat man noch bei den zerstörendsten Erdbeben eine dritte, rotatorische oder wirbelnde Bewegung unterschieden, wodurch die Erde wie im Kreise umhergeschleudert und zugleich von unten her emporgestossen wurde. In den furchtbaren Erdbeben von Jamaica (7. Juni 1692), Lissabon (1. November 1755), Calabrien (Februar und März 1783), Caracas (26. März 1812) wurden von den Augenzeugen deutlich diese rotatorischen Bewegungen in der Nähe des Centrums der Zerstörung verspürt und der Zustand der Trümmer bezeugte ebenfalls solches Umherwerfen, indem man das Dach eines Hauses auf den Trümmern des anderen, die Geräthschaften, Mauern, Bäume von einem Ort zum andern geschleudert fand. In Calabrien wurde in dem Becken der Stadt Oppido, welche in einem natürlichen Amphitheater von Bergen auf angeschwemmtem Grunde liegt, der Boden so bewegt, wie wenn man ein weites Sandfass drehend schüttelt und zugleich durch Stösse von unten her erschüttert. Einer solchen Bewegung widersteht, wie leicht begreiflich, kein Gebäude noch irgend etwas Bewegliches; Alles wird zusammengeschüttelt und nivellirt, und die Trümmer so umhergeschleudert, dass man den Plan der Städte nicht wieder erkennt.

Gehen wir auf die Erscheinnngen, welche sich bei den Erdbeben zeigen, näher ein, so tritt uns znerst hier das nnterirdische Gebrülle entgegen, welches meist den Erschütterungeu vorangeht als warnender Vorbote, obgleich es in einzelnen Fällen, wie z. B. bei dem Erdbeben von Lissabon, gänzlich fehlt, nnd der Stoss ohne weiteres Vorzeichen eintritt. Die weite Verbreitnng dieser Geräusche, die überall wie ans grosser Nähe kommend gehört werden, beweist schon, dass sie in bedeutender Tiefe entstehen und dnrch den Boden fortgepflanzt werden. Das Meer hindert diese Fortpflanzung nicht, wie das Beispiel des Tomboro anf der Snndainsel Snmbava beweist, der bis auf der Insel Snmatra in einer Entfernnng von 400 Seestunden vernommen wurde. Das donnerartige Getöse des Vulcans von Sanct Vincent wurde bis in eine Entfernung von 158 Meilen an den Ufern des Rio Apnre vernommen, nnd in einer horizontalen Erstrecknng über eine Fläche von 2300 Qnadratmeilen in nngeheurer Stärke gehört. Oefters bestehen diese Getöse ganz für sich allein, ohne selbst mit Erschütterungen vergesellschaftet zn sein. Im Anfange des Jahres 1784 wurden die Einwohner von Guanaxato durch ein mehre Monate anhaltendes unterirdisches Getöse so erschreckt, dass sie endlich flüchteten, obgleich keine Spur von Erdbeben sich zeigte. In anderen Fällen folgt das Getöse erst den Erdstösseu nnd scheint dadnrch bedingt, dass bei den Erschütterungen im Innern sich Felsmassen loslösen nnd herabstürzen. §. 1118.

Die übrigen Vorboten der Erdbeben, welche man theils in der Atmosphäre, theils in den Qnellen nnd dem Benehmen der Thiere hat finden wollen, sind äusserst zweifelhaft, nnd einige derselben nnr isolirt hier nnd da beobachtet worden. So wnrden bei dem Erdbeben von Lissabon ferne Quellen in ihrem Lanfe nnterbrochen, versiegten für einige Zeit und kamen dann heftig sprndelnd wieder zurück. Der Antheil der Atmosphäre an den Erdbeben ist äusserst zweifelhaft; doch scheinen hanptsächlich die Regenzeit in den tropischen Gegenden, der Herbst nnd Winter in gemässigten Zonen mehr bei den Erdbeben betheiligt. Von 118 sicher constatirten Erdbeben, welche in Basel seit dem 18. October 1356, wo die Stadt zerstört wnrde, sich ereigneten, fallen 78 anf den Herbst nnd den Winter, 40 auf den Frühling und Sommer, und von 2979 Erdbeben, die Perrey berechnete, fallen 705 auf den Herbst, 911 auf den Winter, 710 auf den Frühling nnd 653 anf den Sommer. §. 1119.

Als einer höchst eigenthümlichen Erscheinnng müssen wir hier eines trocknen Nebels oder Höhenranches gedenken, den man bei mehren Erdbeben nnd vulcanischen Erscheinnngen wahrgenommen hat. Im Jahre 1783, wo Calabrien zerstört wurde, bedeckte ein solcher trockner Nebel ganz Enropa, Nordafrika nnd Nordamerika, und er- §. 1120.

streckte sich sogar im Atlantischen Ocean bis auf 100 Meilen etwa von den östlichen Küsten des europäischen und afrikanischen Continents. Dieser Nebel hielt so lange an, und seine Grenze war so constant, dass die Schifffahrer des Oceans ihn als Vorboten der Annäherung des festen Landes betrachteten; er war besonders dick in dem Mittelmeere und im Umkreise von Calabrien, und Monate lang ging in diesen Gegenden die Sonne blutroth unter. Aehnlichen Höhenrauch beobachtete man bei den Erdbeben von Lissabon und Cumana, sowie im Jahre 1831, wo die Insel Julia in dem Mittelmeere auftauchte.

§. 1121. Die Dauer der Erdbeben selbst ist äusserst verschieden, und meistens setzen sich dieselben aus einzelnen, oft wiederholten Stössen zusammen, zwischen welchen sich Perioden der Ruhe zeigen. Die einzelnen Stösse selbst dauern nur wenige Secunden. Wie denn z. B. beim Erdbeben von Caracas drei Stösse einander folgten; der erste von 5 bis 6 Secunden Dauer bewegte die Glocken, der zweite von doppelter Dauer setzte den Boden in wellenförmige Bewegungen; der dritte senkrechte Stoss dauerte 3 bis 4 Secunden und setzte sich in eine wellenförmige Bewegung fort, welche die ganze Stadt niederwarf. Bei dem Erdbeben von Lissabon warf der erste starke Stoss, der nur 5 Secunden dauerte, alle Kirchen und grossen Gebäude zusammen und nach etwa 4 Minuten folgten zwei blitzschnelle Stösse, die die Zerstörung vollendeten. Im Allgemeinen sind die Stösse demnach nur sehr kurz, indess zählte doch Boussingault bei dem Erdbeben von Neugranada im Jahre 1827 eine Periode von 5 Minuten, während welcher die Erde ununterbrochen erbebte und der Boden gleich einem wogenden Meere auf- und niederwallte. Es ist dies indess ohne Zweifel die längste Dauer einer ununterbrochenen Erschütterung, welche je beobachtet wurde.

Wenn indess die einzelnen Stösse selbst verhältnissmässig nur eine sehr kurze Zeitdauer besitzen, so darf man auf der andern Seite nicht vergessen, dass sie zuweilen Monate lang sich wiederholen und demnach eine Gegend während langer Zeit nicht zur Ruhe kommt. Die Erschütterungen, unter welchen Cumana im Jahre 1766 erlag, dauerten im Ganzen durch 14 Monate an. Calabrien kam während 5 Jahren, von 1783 bis 1788, nicht zur Ruhe, und im Jahre 1783 allein wurden 949 Stösse verspürt, worunter 98 gefährliche. Die freilich nicht sehr starken Erschütterungen, welche seit andertbalb Jahren Grossgerau bei Darmstadt zum Mittelpunkt haben, wiederholen sich noch jetzt von Zeit zu Zeit.

§. 1122. Was die Ausbreitung der Erdbeben auf der Oberfläche betrifft, so ist diese, je nach der Heftigkeit, sowie der Lage des Erschütterungspunktes sehr verschieden. In den meisten Fällen lässt sich ein Mittel-

punkt nachweisen, an welchem die Wirkungen des Erdbebens am stärksten sich zeigen und von welchem aus dieselben strahlenförmig nach aussen hin abnehmen. So liess das Erdbeben von Calabrien einen solchen Mittelpunkt an der Südspitze des italienischen Festlandes bei dem kleinen Städtchen Oppido erkennen. In einem Umkreise von etwa 5 Meilen war kein Stein auf dem andern geblieben, während in weiterer Entfernung die Fundamente der Häuser stehen geblieben und über 18 Meilen hinaus meist nur die leichteren Constructionen Schaden erlitten hatten. Die ganze Verbreitung beschränkte sich indess auf die Westseite der granitischen Centralkette Calabriens, so dass der Erschütterungskreis eigentlich einen Halbkreis bildet.

Man hat aus diesen Verbreitungen der Erdbeben sogenannte Erschütterungskreise abgeleitet, deren Begrenzung sehr oft von der Zusammensetzung des Bodens abhängt. Die Ausdehnung solcher Erschütterungskreise ist oft ungeheuer. So verbreitete sich das Erdbeben von Lissabon über einen Erdraum, welcher mehr als 700,000 geographische Quadratmeilen umfasste und etwa dem zwölften Theile der gesammten Erdoberfläche gleich kam, und die Erschütterungen, welche den Ausbruch des Tomboro begleiteten, bildeten einen Kreis von 200 geographischen Meilen im Halbmesser. Mit am genauesten in Hinsicht auf seine Verbreitung wurde das Erdbeben untersucht, welches am 29. Juli 1846 die Rheingegenden betraf, aber an Stärke nur ein sehr geringes war, da es höchstens Einstürzen von Schornsteinen und alten Mauern bewirkte. Der Kreis der stärksten Erschütterung hatte seinen Mittelpunkt etwa bei St. Goar und einen Durchmesser von 6 geographischen Meilen, der zweite äussere Erschütterungskreis dagegen einen Durchmesser von 70 geographischen Meilen; das Erdbeben durchlief in einer Secunde 1376 Pariser Fuss, war also um $1/4$ schneller als der Schall in der Luft, was eben keine grosse Schnelligkeit ist.

Bei einigen Erdbeben hat man zu beobachten geglaubt, dass der Mittelpunkt der Erschütterung weiter rücke, wie denn Dolomieu behauptet, dass das Erschütterungscentrum der Erdbeben von Calabrien vom 5. Februar bis zum 28. März von Oppido bis nach Girifalco, elf Meilen in nordöstlicher Richtung gewandert sei. Solche Erscheinungen dürften die Ursache derjenigen Erdbeben bilden, welche eine fast lineare Verbreitung zeigen, wie z. B. das Erdbeben von Lima im Jahr 1746, welches von Nord nach Süd der Richtung der Küste entlang sich erstreckte.

Die meisten mehr beschränkten Erschütterungskreise werden in §. 1123.
ihren Begrenzungen durch das Streichen der Gebirgsketten und der Hauptformationen bestimmt, und wie es scheint ist es hauptsächlich die mechanische Structur der Felsarten, welche die Fortpflanzung der Bewegung modificirt. Man hat bemerkt, dass die meisten Erdstösse

in den Pyrenäen sich von Westen nach Osten in der Richtung der Axen des Gebirges erstrecken, dass in England die Erdstösse sich meist von Südwest nach Nordost nach der Hauptstreichungslinie der Formationen fortpflanzen, dass in Südamerika die Richtung der Ketten auch diejenige der Verbreitnng der Erdbebeu angiebt, und dass nur seltene Fälle existiren, wo quer über die Ketten hinüber die Erschütterungswellen sich ausbreiteten. Die Gebirgsketten bilden gleichsam die Nähte, durch welche die einzelnen Stücke der Erdoberfläche sich abtrennen, und meist bleibt der eine Abhang derselben ruhig, während der entgegengesetzte erschüttert wird.

Man hat in den Ländern, welche häufigen Erdstössen unterworfen sind, bemerkt, dass es Stellen giebt, über welche die Erschütterungswellen gewöhnlich fortspringen, so dass die Fortpflanzungslinien von Zeit zu Zeit unterbrochen scheinen. Indess modificiren sich diese Brücken, wie die Einwohner von Südamerika sie nennen, oft hedeutend mit der Zeit, und grössere Erdbeben nameutlich haben öfters die Wirkung, früher beschränkt gewesene Erschütterungskreise auszudehnen und solchen Brücken das Privileginm zu rauben, welche sie früher zu besitzen schienen. So wurde dnrch das grosse Erdbeben von Caracas der Erschütterungskreis dieser Gegend hedentend modificirt nnd eine am Eingange des Hafens gelegene Halbinsel, welche früher durchaus nie erschüttert worden war, in den Kreis der verderblichen Wirkungen mit hineingezogen.

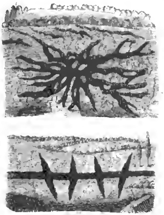
§. 1124. Da nur die mechanische Construction des Gesteines auf die Verbreitnng der Erdbeben einigen Einfluss haben kann, so folgt daraus, dass die Gefahr der Zerstörung um so grösser ist, je loser das Gestein, anf welchem die Gebäude ruhen. Alluvialboden wird zusammengeschüttelt wie Sand in einem Becken, und die darauf aufgeführten Gebäude von Grund aus zerstört, währeud die auf festem Fels ruhenden keinen Schaden erleiden.

§. 1125. Merkwürdige, noch nicht erklärte Anomalien bietet die Verbreitung der Erdbeben in die Tiefe dar, die man freilich nur da beobachten kann, wo Bergwerke sich finden. Meistens empfindet man die Erdstösse ebenso gut in den Gruben als an der Oberfläche, manchmal aber ist es schon begegnet, dass die Bergleute von Erdstössen erschreckt zn Tage fuhren, während man oben keine Erschütterung gespürt hatte, und umgekehrt wurden schon öfter an der Oberfläche Erdstösse wahrgenommen, die im Innern der Bergwerke nicht bemerkt worden waren. Im Allgemeinen dürfte es als Regel feststehen, dass die Stösse der Erdbeben, die aus der Tiefe hervorkommen, im Innern weit weniger empfunden werden, als auf der Oberfläche, da der Stoss sich durch die auf einander liegenden Gesteinsschichten iu ähnlicher Weise fortpflanzt.

wie durch eine Reihe von Billardkugeln, und erst die letzte freiliegende in Bewegung setzt.

Die Wirkung der Erdbeben auf den Boden ist ziemlich mannigfaltig. Die meisten Erdstösse gehen ohne Spuren vorüber, während die heftigeren fast allgemein Spaltungen des Erdbodens veranlassen. Nach dem Erdbeben von Chili am 20. Februar 1835 war die Oberfläche der Felsen der Insel Quiriquina bei Concepcion wie Glas zersplittert und in einen Trümmerhaufen verwandelt, also förmlich abgesprengt und der aufgeschwemmte Boden durch tiefe Spalten zerrissen. Meistens zeigen diese Spalten (Fig. 864) eine mehr oder minder lineare Form, während in anderen Fällen sie strahlenförmig auseinanderlaufen und tiefe Schlünde und selbst trichterförmige Kessel bilden, welche dann meistens kleineren Gas- oder Wasserausbrüchen als Ausweg gedient haben. Man hat nach dem Erdbeben von Calabrien Spalten beobachtet, die mehr als eine halbe Stunde Weges Länge hatten, bis zu 100 und mehr Fuss Breite und manchmal selbst 100 und mehr Fuss Tiefe erreichten. In vielen Fällen blieben die Lippen der Spalte durchaus in demselben Niveau, in anderen Fällen aber zeigte sich eine bedeutende Ungleichheit, durch Hebung der einen oder Versenkung der andern Lippe bedingt. So erzählt man, dass bei dem Erdbeben in Calabrien ein Thurm in zwei Hälften gespalten und die zwei Hälften so verrückt wurden, dass ein Unterschied von 15 Fuss in ihrem Niveau sich zeigte. In einzelnen Fällen hat man nicht nur solch beschränkte locale Effecte wahrgenommen, sondern selbst Hebungen ganzer Strecken Landes. Nach dem Erdbeben, welches am 20. November 1822 die Küste von Chili betraf und in mehr als 1000 Meilen Ausdehnung gefühlt wurde, zeigte sich ein Küstenstrich von mehr als 100 englischen Meilen um mehr als 4 Fuss über sein ehemaliges Niveau gehoben. Die Strandlinie war deutlich zu erkennen durch die noch anhängenden Schalthiere, Tange und Algen und in dem granitischen Gesteine der Küste zeigten sich lange parallele Spalten, welche oft wie mit einem Messer geschnitten schienen und sich meilenweit in gerader Linie verfolgen liessen. Es verdient diese Combination in Hervorbringung gerader, scharfgeschnit- §. 1126.

Fig. 864.

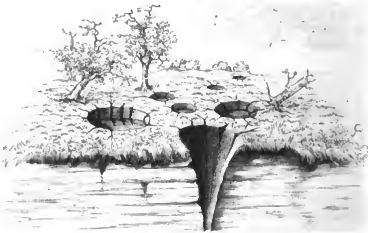


Erdspalten, durch Erdbeben hervorgebracht.

tener, paralleler Spalten, verbunden mit plötzlicher Hebung eines plötzlich ausgedehnten Landstriches, eine besondere Aufmerksamkeit, indem sie auf die Ursache und Entstehung der Spalten und der Erzgänge einiges Licht wirft.

§. 1127. Merkwürdig sind jene Ausbrüche von Gasen, brennenden Luftarten, von Wasser und Schlamm, sowie die minenartigen Explosionen, die fast mit allen grösseren Erdbeben vergesellschaftet erscheinen. Bei dem Erdbeben von Cumana beobachtete man wahre Springbrunnen, welche aus allen Quellen und gegrabenen Brunnen hervorbrachen; bei Aquila in den Abruzzen sah man nach einem Erdbeben sehr grosse trichterförmige Löcher, welche Wasser und Steine bis zu bedeutender Höhe geschleudert hatten. Nach dem Erdbeben von Calabrien fand man mehre Ebenen mit runden, trichterförmigen Löchern bedeckt (Fig. 865), die bis zu 8 Fuss Durchmesser hatten, und theilweise leer,

Fig. 865.



Die trichterförmigen Erdlöcher in Calabrien.

theilweise mit Wasser gefüllt waren. Im Mississippithale im Jahre 1812 wurden heisse Dämpfe ausgestossen; im Magdalenenthale (November 1827) durch Ausbrüche von kohlensaurem Gase fast alle in Erdhöhlen lebenden Thiere erstickt und sogar die weidenden Heerden bedeutend beschädigt. Rauch und Flammen will man während der Erdbeben von Lissabon, Calabrien und Cumana aus der Erde haben hervorbrechen sehen, und bei dem Erdbeben von Riobamba wurde aus den zahllosen Spalten, über welche sich kleine fortschreitende Kegel erhoben, ein sonderbarer zersetzter schlammiger Tuff ausgestossen, der

zugleich Kieselpanzer von Infusorien und eine solche Menge fein zertheilter Kohle enthält, dass er als Brennmaterial benutzt werden kann. Die Entstehung dieses eigenthümlichen, mit dem Namen Moya belegten Stoffes ist noch nicht gehörig ermittelt.

Die Wirkung der Erdbeben auf das Meer zeigt manche Besonderheiten. Auf offener See wird der Stoss als solcher verspürt; er kommt von unten herauf und häufig so heftig, dass die Schiffer glauben, auf einen Felsen aufgefahren zu sein. Für die weiteren Erscheinungen dürften diejenigen massgebend sein, welche bei dem furchtbaren Erdbeben von Peru sich zeigten, das am 13. August 1868 begann und bis zum 19. August fortdauerte. Das ursprüngliche Centrum war zwischen Areqnipa und Tacna. Die Vorgänge in der Küstenstadt Arica werden folgendermassen geschildert. Gleich nach dem ersten Stosse stürzte daselbst ein Haus ein, und breite Spalten bildeten sich im Boden. Da wich plötzlich das Meer zurück und mit ungeheurer Schnelligkeit wurden alle Schiffe aus der Bucht in die See hinausgeschleudert. Wenige Minuten später wurde das zurückweichende Wasser von einer 50 Fuss hohen Welle gehemmt. Diese wälzte sich majestätisch heran, überschwemmte weithin die Küste und liess die Schiffe als Wracke auf dem Trocknen zurück. Die britische Brigg Charnasillo lag hoch oben zerschmettert auf dem Strande; audere Schiffe schwammen umgestürzt auf dem Wasser. In Callo war die Woge nur 14, in Casma und Talcahuano in Süd-Chile nur 8 Fuss hoch. In Iquique zog sich das Meer 10 M. nach dem ersten Stosse zurück. Mexillones, eine kleine Hafenstadt, 20 Meilen nördlich von Iquique, wurde bis auf ein Haus fortgeschwemmt. Aber durch die Stadt bildete sich eine Spalte und durch das Wasser eine Art Canal von 75 Fuss Länge. §. 1128.

Die Fluthwelle, welche durch das Erdbeben erregt wurde, pflanzte sich über die ganze Breite des grossen Oceans fort, bis Australien und richtete zum Theil noch in sehr entfernten Gegenden beträchtliche Verwüstungen an. Die zahlreichen Nachrichten darüber sind von Herrn von Hochstetter gesammelt. Auf der hohen See war von dieser Bewegung des Meeres nichts zu spüren, wohl aber an den Küsten der Inseln, z. B. den Cinchainseln, der Insel Opala, den Fidschiinseln und Japan. Besonders ausführlich sind die Nachrichten von Neuseeland. Dort war die Bewegung am stärksten in den Buchten der Banks-Halbinsel, welche an der Ostküste der Südinsel gelegen ist. In Australien wurde sie besonders bei Adelaide bemerkt. — Aus der Zusammenstellung dieser Berichte und der Annahme, dass der Sitz des Erdbebens bei Tacna um 5 Uhr 15 Minuten gewesen sei, berechnet Hochstetter, dass die Welle den 6120 Seemeilen langen Weg bis Lyttelton auf Neuseeland in 19 Stunden zurückgelegt hat. Die Geschwindigkeit der Welle betrug also 322 Seemeilen in 1 Stunde oder

14*

540 englische Fuss in der Secunde. Merkwürdigerweise ist die Zeit, welche die lunare Fluthwelle gebraucht, um von Arica nach Banks-Halbinsel zu gelangen, genau so gross, wie die der Erdbebenwelle. Die in concentrischen Wellenkreisen sich fortpflanzende Bewegung hat jedoch, wie Hochstetter nachweist, der verschiedenen Beschaffenheit des Meeres entsprechend, in den verschiedenen Stadien auch eine verschieden grosse Geschwindigkeit erhalten. Dass ein Stoss von unten auf die Wassermasse genau ebenso wirken muss, wie die Anziehung von oben, liess sich übrigens von vornherein erwarten.

Fast bei allen grösseren, in der Nähe von Küsten beobachteten Erdbeben wurde dieselbe Reihenfolge der Erscheinungen beobachtet: zuerst der Stoss, dann das Zurücktreten der Gewässer und darauf die Rückkehr einer ungeheuren Woge, welche weit über das Festland hinein geschleudert wurde. So bei dem Erdbeben von Lissabon, bei dem von Concepcion (20. Februar 1835), beobachtet von Darwin u. s. w.

§. 1129. Die Ursachen, welchen die Erdbeben zugeschrieben werden müssen, sind Gegenstand mannigfacher Speculationen gewesen. In neuester Zeit noch versuchte R. Falb darzuthun, dass dieselben von Fluthbewegungen herrührten, die auf der Oberfläche des feurig flüssigen Erdkernes durch die Anziehung von Sonne und Mond entständen, in ähnlicher Weise wie die Fluthwellen des Meeres, so dass man also Zeit und Ort der grösseren Erderschütterungen in ähnlicher Weise wie Hochfluthen berechnen könnte. Eine solche Berechnung wurde auch vorgeführt und für Mitte September 1869 Erdbeben mit solcher Sicherheit für Peru vorausgesagt, dass die Einwohner dort voll Schreckens die Städte verliessen und Wochen lang im Freien campirten. Das Erdbeben kam aber nicht — dagegen wurde am 1. October Manila erschüttert, und wenn man dies als Beweis für die Theorie ansehen wollte, so bemerkt Fuchs ganz richtig, dass Berechnungen von Erdbeben, für welche ein Spielraum von 14 Tagen Zeit und 160 Längengraden Raum bleibt, keine Berechnung ist, indem während dieser Zeit fast nothwendig eine Erschütterung an irgend einem Orte stattfindet. Da überhaupt die Hypothese auf der Annahme eines flüssigen Erdkernes beruht, die in keiner Weise erwiesen ist, so fällt dieselbe an und für sich dahin.

§. 1130. Weit wahrscheinlicher ist die Annahme, dass sehr viele und besonders die grösseren Erdbeben von Senkungen und Zusammenstürzungen im Innern der Erde herrühren. Volger hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass viele Erdbebencentren in nicht vulcanischen Gegenden auf Schichtencomplexen liegen, in deren Untergrund Lager von löslichen Mineralien wie Gyps, Steinsalz etc. sich finden, die nach und nach von den aus der Tiefe aufsteigenden Quellen aus-

gewaschen und an die Oberfläche geführt werden, so dass Hohlräume zurückbleiben, die von Zeit zn Zeit einstürzen müssen. So sind Basel, Eglisau am Rhein und die Gegend von Leuk nnd Visp im Wallis die drei Hauptmittelpunkte von Erschütterungen — alle drei liegen über Gypsschichten und alle Quellen in der Nähe liefern ungeheure Quantitäten von Gyps. Es ist demnach höchst wahrscheinlich, dass alle Erdbeben, welche in nicht vulcanischen Gegenden vorkommen, solchen Einsenkungen nnd Zusammenstürzen ihre Entstehung verdanken, wenn auch in den meisten Fällen dieselben nicht an der Oberfläche constatirt werden können. So sind in der flachen Gegend von Grossgeran, die in der Zeit von October bis December 1869 über 600 Stösse erlitt nud wodurch bei Nauheim eine seit längerer Zeit versiegte Salzquelle am 3. November wieder zu sprudeln begann, und die noch heute nicht ganz beruhigt ist, bis jetzt noch keine Aenderungen der oberflächlichen Wasserläufe beobachtet worden. Wohl aber hat man an anderen Orten zuweilen sehr beträchtliche Senkungen auch an der Oberfläche constatirt; so nach dem Erdbeben vom 16. August 1868 zwischen Mojanda nnd San Lorenzo (Ecuador); nach dem von Cutch (Indien) am 16. Juni 1819. Es ist sogar wahrscheinlich, dass die so häufigen Erschütterungen der Anden von Peru, deren Axe mit derjenigen des Gebirges parallel läuft, auf ruckweisen Senkungen der ganzen Kette beruhen. Fuchs macht mit Recht darauf aufmerksam, dass die Höhenmessungen von Quito der Zeit nach eine stets geringere Höhe zeigen, wie folgende Tabelle zeigt:

La Condomine	im Jahre	1745	fand	9596	Fuss
Humboldt	„	„	1802	„	9570	„
Boussingault	„	„	1831	„	9567	„
Orton	„	„	1867	„	9520	„

Bei Besprechung dieser Verhältnisse darf nicht unerwähnt bleiben, dass auch nnr eine höchst geringe Senkung einer Gebirgsmasse von mehren hundert oder tausend Fuss Mächtigkeit eine ganz ungeheure mechanische Wirkung hervorbringen muss, die bei der plötzlichen Hemmung der Bewegung durch Aufsitzen nnd den Stoss nothwendig in eine entsprechende Quantität Wärme umgesetzt werden muss. Die in §. 1127 erwähnten Erscheinungen können zum grossen Theile durch Zusammenquetschung der unteren Erdschichten erklärt werden.

Wenn so viele Erdbeben, und wahrscheinlich die bedeutendsten, §. 1131.
auf Senkungen der Erdschichten beruhen mögen, so sind andere unzweifelhaft in Verbindung mit den vulcanischen Erscheinungen. Jeder Eruption gehen Stösse voraus, die mit dem Durchbrechen der Dämpfe, dem Herausschleudern der Ausbruchsmassen, Aschen und Laven und

mit dem Entstehen neuer Spalten und Risse in sichtbarem Zusammenhange stehen. Die Verbreitung dieser vulcanischen Erschütterungen hängt von der Spannung der Dämpfe, von der Tiefe, aus welcher die Massen hervorbrechen, und von der Beschaffenheit des Bodens ab. Die Erschütterungswellen gehen von dem Vulcane aus und die Richtung der fühlbaren Stösse in der Umgebung bilden, auf einer Karte zusammengestellt, einen Stern von Strahlen, die nach dem Krater hin convergiren. In den meisten Fällen beschränken sich aber diese Erschütterungen auf geringe Entfernungen von dem Vulcane und wenn man ganze Reihen von Erdbeben in allen Welttheilen, die Jahre hindurch andauern, mit vulcanischen Eruptionen in Beziehung gesetzt hat, wie z. B. die Erdbeben von Lissabon (1. November 1755) und Damascus (1759), mit dem Ausbruche des Jorullo in Mexico (29. September 1759), so lässt sich dagegen einfach bemerken, dass man im Durchschnitte im Jahre etwa hundert Erdbeben und monatlich wenigstens eine vulcanische Eruption auf der Erde zählen kann, es also nicht schwer ist, beide Erscheinungen in irgend einen scheinbaren Zusammenhang zu bringen, der in der That nicht vorhanden ist.

Die ungeschichteten Gesteine.

§. 1132. In der ersten Abtheilung des vorliegenden Capitels wurden die verschiedenen geschichteten Gesteine nach ihrer Aufeinanderlagerung von unten auf bis in die jetzige Epoche verfolgt, und zuletzt noch auf die Kräfte hingedeutet, welche noch in unserer Zeit bei ihrer Bildung thätig sind. Wir sind auf diese Weise bei der zweiten grossen Abtheilung angelangt, welche wir im Anfange dieses Capitels aufstellten, nämlich bei den ungeschichteten Gesteinen oder denjenigen Stücken der Erdmosaik, welche säulenartig die geschichteten Massen durchbrechen und von innen heraus an die Oberfläche gelangt sind. Die Betrachtung dieser ungeschichteten Massen führt natürlich auf die Art und Weise zurück, wie sich dieselben bildeten, wie sie aus der Tiefe hervorbrachen und welchen Kräften sie ihren Ursprung verdanken. Die Erkenntniss dieser Kräfte kann aber nur aus der genauen Analyse derjenigen Erscheinungen hervorgehen, welche sich in der Jetztwelt bei der Bildung dieser ungeschichteten Massen zeigen, und da dieselben noch unter unseren Augen sich ereignen und weit complicirter sind, als die zur Bildung der Schichten mitwirkenden Erscheinungen, so erscheint es zweckmässig, die Betrachtung der ungeschichteten Gesteine nicht in geschichtlicher Ordnung von den ältesten zu den neuesten Bildungen zu verfolgen, wie wir bei den geschichteten Gesteinen ge-

than, sondern im Gegentheile zuerst die heutigen Phänomene zu prüfen und dann Schritt vor Schritt von diesen normgebenden Erscheinungen zu denjenigen überzugehen, in welchen sich mehr oder minder bedeutende Veränderungen zeigen. Der Zustand unserer Erde, welchen wir heute vor uns sehen, ist nicht mehr derselbe, wie zur Zeit ihrer ersten Bildung; seit jener Epoche sind die gewaltigen Massen geschichteter Gesteine auf der Oberfläche abgelagert und dadurch das Verhältniss der Erdrinde wesentlich verändert worden. Die älteren eruptiven Phänomene müssen demnach in vieler Beziehung von den jetzigen verschieden gewesen sein; diese Verschiedenheit musste um so grösser sein, je abweichender der Zustand der Erde von dem jetzigen war, und es ergiebt sich somit aus dem natürlichen Gange, welchen uns die einfachen Verhältnisse darbieten, indem wir von dem Bekannten, von uns unmittelbar Beobachteten zu dem mehr und mehr Unbekannten fortschreiten, zugleich eine ungezwungene Folge, welche uns zu dem Ausgangspunkte zurückführt, welchen wir beim Beginne dieses Capitels verliessen. Wir werden demnach in dem Folgenden zuerst die jetzigen vulcanischen Phänomene und deren Producte betrachten und nachher diejenigen Gesteine studiren, welche älteren Eruptionen ihr Dasein verdanken.

1. Die jetzt thätigen Vulcane.

Die Ansichten, welche man über die Vulcane und deren Ausbrüche §. 1133.
hegte, haben im Laufe der Zeiten vielfach gewechselt. Die Werner'sche Schule, welche den Beginn der wissenschaftlichen Geologie darstellt, hielt sie für vereinzelte Phänomene, für Erdbrände, welche in unbeträchtlicher Tiefe unter der Erdoberfläche ihren Sitz haben sollten. Unter den Schülern Werner's waren es namentlich L. von Buch und A. von Humboldt, welche die eruptiven Phänomene im Gegentheil für Aeusserungen einer gewaltigen, tief im Innern der Erdkugel wirkenden Kraft hielten, die durch alle geologischen Epochen hindurch sich thätig gezeigt und den gewaltigsten Einfluss auf die jetzige Gestaltung und Zusammensetzung der Erdrinde gehabt hätte. Sie und ihre Nachfolger definirten die Vulcanicität als die Reaction, welche der innere flüssige Kern eines Planeten auf dessen äussere Rinde und Oberfläche ausübt. Man brachte also die vulcanischen Erscheinungen mit der Hypothese eines feuerflüssigen Erdkernes in Verbindung, und in der That betrachtete man mit L. v. Buch als Vulcan einen jeden Canal, welcher eine fortdauernde Communication mit dem Erdinnern darbietet, Communication, welche sich durch Ausbrüche oder Eruptionen kundgiebt. Wir dürfen indess bei Annahme dieser Definition nicht vergessen, dass die Existenz eines feuerflüssigen Erdkernes nur eine noch unerwiesene Hypo-

these ist und dass selbst, wenn ein solcher existirte, dennoch der Annahme eines Zusammenhanges der vulcanischen Kamine mit demselben wesentliche Bedenken entgegenstehen würden.

Wenn alle Vulcanschlote mit dem flüssigen Erdkerne in Verbindung ständen, so müsste etwa derselbe Druck in ihnen vorhanden sein, und es könnten dann nicht zwei Vulcane neben einander bestehen von so verschiedener Höhe, wie z. B. der Aetna und Stromboli, die zu gleicher Zeit in Thätigkeit wären, indem der Druck, der zur Hebung der Lava auf den Gipfel des Aetna nöthig wäre, nothwendigerweise im Stromboli eine stete Ueberschüttung hervorbringen müsste.

Fuchs hat deshalb in neuerer Zeit den Ausdruck dahin beschränkt, dass man unter einem Vulcan im engern Sinne eine beständige oder zeitweise Verbindung zwischen einem vulcanischen Heerde, den dort befindlichen glutbflüssigen Gesteinsmassen, Dämpfen u. s. w. und der Atmosphäre und unter vulcanischen Erscheinungen alle Vorgänge verstehen müsse, welche unterhalb der uns geognostisch bekannten Erdrinde ihren Ursprung nehmen, sich mit einer gewissen Gewaltsamkeit äussern und mehr oder weniger auffallende Veränderungen an der Erdoberfläche hervorrufen, deren Ursachen bis jetzt unbekannt sind. Zu einem Vulcane im engern Sinne, von welchem zuerst nur die Rede sein soll, würden also nothwendig Erscheinungen gesteigerter Wärme gehören, während die letztere Definition auch Salsen, Schlamm- und Luftvulcane ohne solche Feuerwirkungen begreift.

§. 1134. Wir kennen etwa 300 Punkte auf der Erde, welche man als Vulcane ansprechen darf. Indess darf nicht vergessen werden, dass diese Schätzung immer etwas sehr Willkürliches in sich trägt, indem gar viele Punkte, welche offenbar ihrer Zusammensetzung und äussern Gestaltung nach als Vulcane betrachtet werden müssen, bis jetzt in historischer Zeit noch keine Ausbrüche gezeigt haben, und wieder andere seit Jahrhunderten ruhen, so dass man sie wohl für erloschen halten darf. Es lässt sich demnach keine bestimmte Grenze zwischen erloschenen Vulcanen und jetzt noch thätigen ziehen, indem von einem Momente zum andern der jetzt gerade geschlossene Schlot wieder geöffnet und als Auswurfsmündung benutzt werden kann. So konnte offenbar vor dem berühmten Ausbruche des Vesuvs im Jahre 76 nach Christo, welcher Herculanum und Pompeji zerstörte, der Vesuv für einen erloschenen Vulcan gelten, da während der ganzen geschichtlichen Zeit der Römerherrschaft kein Ausbruch bei ihm stattgefunden hatte.

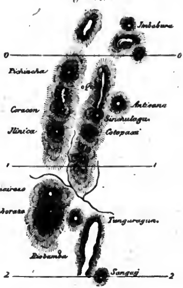
§. 1135. Die geographische Verbreitung der thätigen Vulcane auf der Erdoberfläche lässt im Ganzen zwei verschiedene Arten der Grup-

pirung derselben entdecken. Die einen derselben sind Gruppen- oder Centralvulcane, bei welchen sich im Ganzen keine lineare Anordnung erkennen lässt, die sonstigen Beziehungen aber vielfältig wechseln. Leopold von Buch hat vorzüglich folgende Gruppen vulcanischer Thätigkeitsäusserungen als Centralvulcane bezeichnet: 1) Die liparischen Inseln mit dem fortwährend thätigen Stromboli als Mittelpunkt. 2. Der Aetna. 3. Der Vesuv mit den phlegräischen Feldern. 4. Island. 5. Die Azoren mit dem Pic von Pico als Mittelpunkt. 6. Die canarischen Inseln mit dem Pic de Teyde. 7. Die Inseln des Cap vert mit der Montagna di Fuego. 8. Die Gallopagos-Inseln. 9. Die Sandwich-Inseln mit dem Monna Roa, der beinahe 13000 Fuss hoch unmittelbar aus dem Meere aufsteigt. 10. Die Marquesas-Inseln. 11. Die Gesellschafts-Inseln. 12. Die Freundschafts-Inseln. 13. Die Insel Bourbon. 14. Der Ararat und der Elbruz im armenischen Hochlande. Unter den hier angeführten lassen sich die sämmtlichen italienischen Vulcane von Toscana an bis zu den Liparischen Inseln sehr wohl als Reihenvulcane betrachten.

Die Reihenvulcane unterscheiden sich dadurch von den Centralvulcanen, dass sie wie Schmiedeessen auf Spalten aufgestellt scheinen, welche sich zuweilen auf bedeutende Erstreckungen der Erdoberfläche hinziehen. Zuweilen befinden sich diese Reihen auf dem Rücken hoher gewölbartig emporgetriebener Bergketten, wie z. B. auf den Anden Südamerikas. In anderen Fällen zeigen sich die Reihenvulcane als längsgereihte Inselgruppen, deren Richtung das Streichen einer Bergkette auf dem benachbarten Festlande entspricht; die Reihen erscheinen bald fast geradlinig, wie die von Chili, die zwischen dem San Clemente und dem Coquimbo 240 Meilen Ausdehnung und 33 Vulcane zählt; bald krummlinig, wie in den Aleuten. Leopold von Buch hat bis jetzt folgende Gruppen von Reihenvulcanen aufgestellt: 1. Die Reihe der griechischen Inseln, welche ein schmales Band darstellen, die von dem Vorgebirge Methone und der Insel Paros über Milo nach Santorin sich hinzieht. 2. Eine Reihe von Vulcanen, welche längs der Küsten von Westaustralien sich erstreckt. 3. Die Reihe der Sundavulcane, welche in Hinsicht ihrer Producte sowie der Heftigkeit ihrer Ausbrüche die merkwürdigsten Vulcane der Erdoberfläche in sich begreift. 4. Die Reihe der Molucken und Philippinen, welche mit der Sundareihe und der australischen Reihe sich in einen Knoten vereinigt, den man gleichsam als den Mittelpunkt eines dreistrahligen Spaltensternes ansehen könnte. 5. Die Reihe der japanischen Inseln, welche sich in die Kurilen und die Halbinsel Kamtschatka fortsetzen. 6. Die Reihe der Aleuten. 7. Die Marianen-Inseln. 8. Die Reihe der Vulcane von Chili. 9. Die Doppelreihe der Gipfel bei Quito. Es erscheint diese Doppelreihe, von welcher wir beistehend ein kleines Kärtchen

(Fig. 866) geben, in Form von zwei gewaltigen Höhenrücken, die über das Hochplateau der Thäler von Quito und Riobamba sich erheben.

Fig. 866.



Vulcane der Anden bei Quito.

10. Die Reihe der Antillen. 11. Die Reihe von Guatimala. 12. Die Reihe der Vulcane von Mexico, welche insofern eine Ausnahme von allen übrigen Reihenvulcanen bilden, als sie die Axe der Gebirgskette quer durchschneiden, und fast genau in der Richtung von Ost nach West über die Landenge sich hinziehen, wie das beistehende Kärtchen (s. Fig. 867) zeigt, während die der Landenge zu Grunde liegende Kette der Cordilleren im Allgemeinen von Süd nach Nord streicht.

§. 1136. Im Allgemeinen kann man als Regel aufstellen, dass die thätigen Vulcane in fast unmittelbarer Nähe des Meeres sich befinden. Die

Fig. 867.



Mexicanische Vulcane.

grössten Entfernungen, welche man kennt, gehen bis zu 40 Meilen von der Küste (Ararat und Tolima; Popocatepetl 33 Meilen; Sangay 28 Meilen). Eine Ausnahme von dieser Regel bilden nur einige Vulcane in Centralasien, namentlich der Boschan im Thianschangebirge, zwischen 42° und 44° nördlicher Breite. Die nächsten Küsten sind über 350 Meilen in gerader Linie entfernt. Indessen finden sich viele, zum Theil grosse Seen in der Nähe (Balkasch-See 52 Meilen; Issikal-See 43 Meilen) und zwar sind diese offenbar nur Ueberreste eines grossen Binnenmeeres, welches allmälig von dem Meere abgetrennt wurde.

Die Oeffnungen der vulcanischen Kamine befinden sich fast immer §. 1137.
auf dem Gipfel eines mehr oder minder isolirten kegelförmigen Berges, wo sie eine trichterförmige Oeffnung, den sogenannten **Krater**, bilden, welcher sich nach unten hin in das Kamin fortsetzt. Der Krater selbst hat gewöhnlich eine kreisrunde Gestalt; — der Kegel, der ihn trägt, der grossentheils aus aufgeschütteten Materialien zusammengesetzt ist und deshalb der **Aschenkegel** genannt wird, bietet bei den verschiedenen Vulcanen sehr wechselnde Verhältnisse dar. Seine Böschungen sind gewöhnlich sehr steil; seine Grösse steht nicht nur nicht im Verhältnisse zur Grösse des Vulcanes, sondern wechselt auch bei demselben Vulcane fast bei jeder bedeutenden Eruption. So hat der kleine Vesuv, der dreimal niedriger ist als der Pic von Teneriffa, einen oberen Aschenkegel, welcher etwa $^1/_3$ der ganzen Höhe des Berges beträgt, während der Aschenkegel des Pics nur $^1/_{22}$ desselben ausmacht. Der Durchmesser des Kraters steht ebenfalls durchaus in keinem Verhältnisse zur Grösse des Berges; — es giebt kleine, wenig hohe Vulcane, die einen wahrhaft ungeheuren Schlund besitzen, während manche grosse Vulcane nur ein verhältnissmässig sehr kleines Kesselthal auf ihrer Spitze zeigen oder selbst gänzlich einer Krateröffnung entbehren.

Die nachstehende Tabelle giebt einige Maasse verschiedener Vulcane, nach welchen man sich eine Vorstellung von den wechselnden Dimensionen der Krater derselben machen kann.

Name des Vulcans	Höhe in Fussen	Durchmesser des Kraters	Verhältniss beider Zahlen die Höhe = 1
Monte nuovo	428	1 200	2·8
Volcano	1 224	3 000	2·48
Stromboli	2 773	2 000	0·72
Vesuv	3 720	1 870	0·5
Sarytscheff	4 227	720	0·17
Tangkuban Prau	6 030	6 000	0·998
Gunung Idjen	7 263	1 500	0·20
„ Tenger	7 080	20 000	2·82
„ Raou	9 600	10 000	1·04
„ Sendoro	9 682	300	0·09
Aetna	10 200	1 500	0·14
Irazu	10 506	7 000	0·66
Pic von Teneriffa	11 480	1 666	0·15
Mouna Roa	12 919	15 000	1·16
Toluca	14 220	3 000	0·21
Klutscheffskaja Sopka .	15 040	2 220	0·14
Popocatepetl	16 702	5 000	0·3

Es giebt indessen auch wahre Vulcane, die keinen Krater besitzen und dann die Gestalt einer Glocke oder eines Domes zeigen (Ararat, Kasbeck); andere endlich mit flachen Wölbungen (Mouna-Roa; Gunung Tenger auf Java); noch andere, wo die ursprüngliche Form durch Einstürze, Spalten- und Seitenausbrüche gänzlich verwischt ist, so dass sie sich als Doppelhörner (Carguareizo, Ilinissa, Hekla) lange Mauern (Pichincha) darstellen.

§. 1138. Die **Häufigkeit** und **Intensität der Ausbrüche** ist ebenfalls grossen Veränderungen unterworfen, und namentlich ist die letztere durchaus nicht an die Grösse der Berge gebunden. Einige Vulcane sind in beständiger Thätigkeit, wie Stromboli seit mehr als 2000 Jahren, Siva auf den Molukken, Sangay in Quito, seitdem sie bekannt sind; die meisten aber bieten abwechselnde Perioden von Ruhe und von Thätigkeit dar, unter welchen man drei verschiedene Zustände unterscheiden kann: eigentliche Eruptionen mit Ausladung feuerflüssiger Gesteinsmassen, den Solfatarenzustand mit Entbindung heisser Fuma-

rolen und die gänzliche Ruhe der Erkaltnng, die hänfig in das Erlöschen übergeht. Obgleich unsere geschichtlichen Documente nur über wenig Jahrhunderte sich erstrecken, so scheint doch hehauptet werden zu können, dass die Intensität der Ausbrüche einigermassen in umgekehrtem Verhältnisse zu der Thätigkeit steht. Die gewaltigen Eruptionen finden glücklicherweise nur von Zeit zn Zeit statt, und die bedeutendsten treten meist nach einer Periode längerer Ruhe ein. Es scheint, als wenn die eruptive Kraft dann einer gewaltigen Anstrengung bedürfe, um den manchmal seit Jahrhnnderten verschlossenen Ausweg wieder zn öffnen. Eine furchtbare Eruption findet alsdann statt und leitet auf diese Weise die Periode der Thätigkeit ein, innerhalb welcher nun abwechselnde, aber doch minder kräftige Ausbrüche erfolgen. Der pompejanische Ausbruch des Vesuvs, welcher die jetzige Thätigkeitsperiode dieses Berges einleitete, hat bis jetzt noch seinesgleichen an Fnrchtharkeit nicht wieder gehabt.

§. 1139. Die Höhe der Vulcane scheint von einigem Einflusse auf die Frequenz ihrer Ausbrüche zu sein; — es scheint, als bedürfe die vulcanische Kraft einer um so bedeutendern Anstrengung, um nach anssen durchzubrechen, als der Berg höher ist. Stromboli, dessen Kegel unmittelbar aus dem Meere bis zu 925 Meter sich erhebt, sowie der Guacamayo in der Nähe von Quito, bieten tägliche, ersterer selbst fast stündliche, seit Jahrhnnderten ununterbrochene Ausbrüche dar. Bei dem Vesuv, der 1200 Meter hoch ist, vergeht fast kein Jahr ohne Eruption. Der Aetna, 3400 Meter hoch, bietet schon längere Intervalle von Ruhe, und der Cotopaxi endlich, 5963 Meter hoch, zeigt nnr eine Eruption durchschnittlich in einem Jahrhundert. Indessen finden auch Ausnahmen von dieser Regel statt; — wie denn z. B. der Cosiguina am Meerbusen von Fonseca in Nicaragua, der höchstens 167 Meter über dem Meere hoch ist, seit 1808 nnr eine einzige, aber fürchterliche Ernption im Jahre 1834, sonst aber Ruhe hatte, während der über 16000 Fuss hohe Sangay in unnnterbrochener Thätigkeit ist.

§. 1140. Die ernptiven Erscheinungen hieten einen gewissen Cyclus dar, welcher unverändert derselbe hleibt, es mag die Intensität nud die Dauer der Eruption noch so sehr wechseln. Wir behandeln hier zuerst die ans Kratern erfolgenden Ausbrüche an freier Luft, welche am häufigsten vorkommen. Die von Viertelstunde zn Viertelstnnde sich wiederholenden Ausbrüche von Stromboli bieten in ihrer Gesammtheit ganz dasselbe Bild, wie die mächtigen Ernptionen des Aetna, nnr mit dem Unterschiede, dass die Zeitdauer der einzelnen Phasen geringer und die Resultate bei weitem schwächer sind.

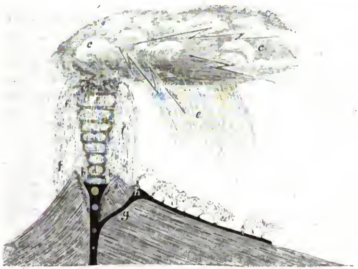
§. 1141. Der *Ausbruch* wird gewöhnlich durch *unterirdisches Getöse* verkündigt, welches mit Erdstössen, Erschütterungen des Bodens und zuweilen selbst förmlichem Erdbeben verknüpft ist. Das unterirdische Getöse selbst kommt häufig aus ungemeiner Tiefe und wird deshalb in einem mehr oder minder bedeutenden Umkreise ganz so gehört als wenn es in grösster Nähe stattfände; in anderen Fällen ertönt es oben aus dem Krater. Meistens klingt es wie heftiges Artillerie- oder Musketenfeuer, und zuweilen ist es dem Kanonendonner so täuschend ähnlich, dass man in Südamerika Beispiele kennt, wo man sich rüstete um den nahenden Feind zu empfangen. In anderen Fällen ist es ein dumpfes Rollen, wie unterirdischer Donner, zuweilen selbst ein helles Klingen, wie wenn grosse Glasmassen im Innern der Erde zerschlagen würden; öfters bestehen diese Getöse und unterirdischen Donner durchaus ohne Erschütterungen, zu anderen Malen aber zeigt sich das Getöse offenbar in Gefolge der Erdstösse, wie wenn durch diese letzteren unterirdische Klüfte erweitert würden und das Fallen der losgesprengten Trümmer das Getöse verursachte. Manche Ausbrüche erfolgen fast ohne Geräusch.

§. 1142. Das *Erzittern des Bodens*, welches allen vulcanischen Eruptionen vorausgeht, ist bald mehr, bald minder beschränkt und zuweilen äusserst heftig. Die Stösse gehen unzweifelhaft von dem Berge aus und meistens sprengt der letzte heftigste Stoss die Kraterdecke und leitet den Ausbruch ein. Andere, aber weit geringer beständige Vorboten eines Ausbruches sind: plötzliches Zurücktreten des Meeres und Versiegen der Quellen und Brunnen in der Nähe des Vulkanes. Die erstere Erscheinung namentlich könnte wohl von plötzlicher Senkung des Meeresbodens herrühren.

§. 1143. Der *vulcanische Ausbruch* selbst beginnt in der Regel mit einem heftigen Stosse, welcher das Innere des Berges erzittern macht. Das Aufsteigen feurig glühender Massen und heisser Dämpfe verkündet sich an den höheren Vulcanen durch das Schmelzen des Schnees auf den Wänden des Aschenkegels, und die Anwohner des Cotopaxi wissen sehr wohl, was die unheilvolle Schwärze zu bedeuten habe, welche der Kegel von Zeit zu Zeit zeigt. Mit dem heftigern Stosse, welcher die Ueberwindung des letzten Widerstandes anzeigt, bricht eine ungeheure Masse von Gasen und namentlich von Wasserdämpfen aus dem Schlunde des Kraters hervor. Die Aschen- und Steinmassen, welche diesen erfüllten, werden durch die plötzlich entwickelte Kraft der elastischen Dämpfe in die Höhe geschleudert und die geschmolzenen Lavamassen zeigen sich nun in dem Krater, bis zu einer gewissen Höhe ansteigend, mit ihrer freien, in glühendem Roth leuchtenden Oberfläche. Der Wasserdampf entwickelt sich durch diese flüssige

glühende Masse in grossen, runden Blasen, die über dem Vulcan in die Höhe wirbeln, und sich um so mehr ausdehnen, je höher sie in die Atmosphäre aufsteigen. Das Anschwellen dieser kugelförmigen Dampfmassen (*d*, Fig. 868), welche aus dem Krater in abgemessenen

Fig. 868.



Idealer Durchschnitt eines Vulcanes während der Eruption.

a Der Schlot, mit Lava erfüllt. *b* Der Krater. *c* Die vulcanische Wolke. *d* Die Dampfsphäroide, welche die Wolke bilden. *e* Der Regen, welcher der Wolke entströmt. *f* Die Schlackengarbe. *g* Seitenspalte, durch welche die Lava ihren Ausweg findet. *h* Parasitischer Kegel. *i* Lavastrom mit den Dampfwolken und Fumarolen, die aus seinen Spalten sich entbinden.

Zwischenräumen hervorwirbeln, ist ohne Zweifel bedingt durch die Mengung des Wasserdampfes mit der atmosphärischen Luft. Im Aufsteigen platten sich diese kugelförmigen Massen ab, schieben sich über einander und bilden so eine geballte Wolke (*c*, Fig. 868) von blendend weisser Farbe, welche in der Richtung des Windes sich ausdehnt und schon von dem jüngeren Plinius sehr treffend mit dem ausgebreiteten Gipfel einer Pinie verglichen wurde. Die mehr oder minder langgestreckte Gestalt dieser Wolke, sowie ihre seitliche Ausdehnung hängt hauptsächlich von der Stärke des Windes ab, der in den oberen Luftregionen herrscht. Im Allgemeinen ist die Wolke blendend weiss, zuweilen aber und namentlich im Anfange des Ausbruches, grau und selbst schwarz, je nach der Menge von Asche, welche dem Wasserdampfe beigemengt ist. Bei einigen Ausbrüchen hat man bemerkt,

dass die zu Boden sich senkende Wolke einen deutlichen Geruch nach Salzsänre, schwefliger Säure oder Schwefelsänre darbot, nnd öfters hat man diese Säuren dem der Wolke entströmenden Regenwasser beigemengt gefunden.

§. 1144. Die geballte Dampfwolke, welche sich in der beschriebenen Weise über dem Vulcane erhebt, ist der Sitz der bedeutendsten elektrischen Erscheinungen. Man weiss jetzt, dass der aus einer Dampfmaschine entlassene Wasserdampf ungemein grosse elektrische Funken erzeugen kann. In der vulcanischen Wolke zeigen sich die elektrischen Erscheinungen in ebenso grossartigem Maassstabe entwickelt, wie in den Gewitterwolken; — beständige Blitze und immerwährender Donner, den man meist sehr gut von dem Gebrülle im Innern des Berges unterscheiden kann, sind von dem heftigsten Gewitterregen begleitet, welcher wolkenbruchartig herabstürzt nnd oft weit bedeuteudern Schaden in der Umgebnng der Vulcane anrichtet, als die von dem Berge ansgespieenen Aschen- und Schlackenmassen. An den Abhängen der meisten Vulcane zeigen sich tiefe Rnnsen und Gräben, welche von diesen verheerenden Gewitterregen eingegraben wurden, und viele sogenannte Ausbrüche von Schlamm nnd Wasser sind in der Art zu erklären, dass der Gewitterregen lose Asche, Schlacken nnd Gerölle wegschwemmte und in das bewohnte Land hinabriss. Zuweilen auch bedingt das plötzliche Schmelzen des Schnees, welches dem Ausbruche vorangeht, solche verheerende Schlammströme, die demnach nicht bloss als ans Spalten hervorgegangen angesehen werden müssen. Bei dem grossen Ausbrnche des Cotopaxi im Jahre 1744 schmolzen die bedeutenden Schneemassen, welche die obersten tansend Meter des Vulcanes decken, in einigen Stnnden und erzeugten die furchtbarsten Schlammströme, welche weit hin die Umgegend verwüsteten. Bei dem Ausbrnche des Katlagja in Island am 17. October 1755 wurden mehre Menschen und Pferde vom Blitze erschlagen.

§. 1145. Wenden wir nnn nnsere Aufmerksamkeit zurück auf die Erscheinnngen, welche in dem Krater des Vulcanes selbst während der Eruption sich zeigen, so sehen wir die flüssige, im Innern des Kraters glühende Lava in einem beständigen Auf- nnd Abwogen. Die Lava schwillt hellglänzend, wie weissglühendes Eisen im Krater auf, platzt mit einem puffenden Geräusche und lässt eine dicke weisse Dampfwolke austreten, die glühende Lavafetzen mit sich reisst, wobei die Lavasänle selbst zurücksinkt. Auf Stromboli kann man dieses abwechselnde Spiel der Lava im Krater wie in einem Pumpenwerke beobachten. Znweilen wird seine Gleichförmigkeit durch heftigere Gasansbrüche unterbrochen. Im Krater Kiranea anf Hawai sind glühende Lavaseen von 500 Meter Dnrchmesser, die auf diese Weise beständig

auf und nieder wogen, eine förmliche Brandung an den Kraterwänden erzeugen nnd von Zeit zu Zeit aufkochen nnd glühende Massen emporschleudern. Die Erklärnng dieser Erscheinnngen giebt sich von selbst. Die einzelnen Dampfblasen dringen durch die glühende Masse nach oben, heben dieselbe in die Höhe nnd platzen endlich auf der Oberfläche mit bedentender Kraftentwicklnng. Die theilweise erkaltete nnd verschlackte Oberfläche der Lava wird auf diese Weise in die Höhe geschlendert und die einzelnen Fragmente wie bei dem Platzen einer Bombe nach allen Seiten hin gesprengt. Es hängt von dem Grade der Flüssigkeit der Lava ab, welchen Widerstand dieselbe den sie emporschlendernden Dampfmassen entgegenstellt, nnd hierdurch, sowie durch die Beschaffenheit der Lava selbst wird dann auch die Grösse der Fragmente bedingt, in welche sich die emporgeschnellte Decke theilt. Die meisten Fragmente, in gerader Linie in die Höhe geschlendert, fallen wieder senkrecht in den Kessel des Kraters zurück, viele stürzen auf den Rand der Krateröffnung und schütten so den Answnrfskegel immer mehr nnd mehr anf. Die leichteren Stücke von kleineren Dimensionen (sogenannte *rapilli*), sowie die feine Asche werden von dem aufwirbelnden Dampfe mitgerissen und oft über ungeheuer weite Strecken hinweggeführt. Die Qnantität der Materialien, welche oft in dieser Weise, besonders in Form von Rapillis, feinen Schlacken und ungemein zertheilter Asche ausgespieen werden, grenzt an das Unglanbliche. Wir werden später einige Beispiele solcher enormer Aschenauswürfe anführen.

Die bei dem Platzen der Dampfmassen in die Höhe geschlenderten Schlacken bilden eine Garbe glühender Massen über dem Krater, welche der pinienförmigen Ansdehnung der Wolke gleichsam als Stamm dient. Jede platzende Dampfblase schlendert die verschlackte noch rothglühende Lavadecke wie eine Rakete in die Luft und entblösst so die lebhaft glühende Oberfläche, deren rothes Licht auf den Dampfwolken nnd der emporgeschlenderten Schlackengarbe widerstrahlt. Die Feuersäule, welche bei jedem Ansbruche senkrecht über dem Krater erscheint, ist demnach die Dampf- oder Ranchsäule, die vom Widerscheine der entblössten Lavadecke in den Dampfbläschen grossentheils herrührt. Sie ist keine Flamme, denn sie zeigt nur Abwechselnng in der Glnth ihres Lichtes, züngelt nnd bewegt sich aber, anch nnter dem heftigsten Winde nicht, sondern steht immer senkrecht. Der Glanz dieser wunderbaren nnd furchtbaren Erscheinnng wird noch vermehrt durch die Massen von rothglühenden Aschentheilchen und grösseren Fragmenten, die sich in der Säule bewegen und bei Tage als dnnkle Stanb- und Rauchtheilchen erscheinen. Man kann die ganze Erscheinung füglich mit den Ranch- nnd Fenersäulen vergleichen, welche die Schlote grosser Dampfmaschinen ausspeien, in welche ausser dem Feuer- §. 1146.

raume auch die Abzugsröhre des Dampfkessels einmündet. Die Höhe der Feuersäule ist sehr verschieden, kann aber selbst bei kleineren Vulcanen, wie dem Vesuv, 10000 Fuss erreichen.

§. 1147. Wenn die Feuergarbe entschieden keine Flamme ist, so kommen neben ihr doch bei manchen Ausbrüchen züngelnde Flammen von meist blauer oder violetter Farbe und schwacher Leuchtkraft vor, die wohl verbrennenden Wasserstoffverbindungen zugeschrieben werden müssen. Zuweilen erhalten sie eine andere Farbe (grün, blutroth), wahrscheinlich durch beigemengte Chlormetalle. Pilla sah dieselben sowohl am Hauptkrater, wie an Nebenkegeln des Vesuv und mit grösster Deutlichkeit sind sie bei der Eruption von Santorin im Jahre 1866 beobachtet worden. Aus allen Spalten des neu entstandenen Vulcanes Georg flackerten bei jeder Pulsation der Dampfentwicklung grosse, stark züngelnde Flammen mit bläulich weissem Kerne und carminrothem Rande.

§. 1148. Es wurde schon oben bemerkt, dass die im feurigen Flusse befindliche Lava, welche den Krater und den darunter befindlichen Schlot des Vulcanes erfüllt, von den Wasserdämpfen emporgehoben wird. In vielen Fällen hebt die Elasticität des eingeschlossenen Wasserdampfes die Lava so hoch, dass diese über den Rand des Kraters hinwegfliesst und nun einen Strom bildet, der sich längs des Aschenkegels hinab ergiesst. Indess findet dies Ueberfliessen der Lava über den Aschenkegel in der Regel nur bei den niedrigeren Vulcanen statt; bei den höheren spaltet sich der Berg meist an einer gewissen Stelle in der Nähe seiner Basis, und aus dieser Spalte ergiesst sich dann der Lavastrom. An dem Aufbruchsorte einer solchen Seitenspalte (*g*, Fig. 868), aus welcher die Lava tritt, schütttet sich dann meist auf dieselbe Weise ein parasitischer Schlackenkegel auf (*h*, Fig. 868), wie dies an dem Krater der Fall ist. Das Fliessen der Lava selbst bietet je nach der grösseren oder geringeren Flüssigkeit ihrer Masse und nach dem Grade ihrer Erhitzung, sowie nach der Böschung der Abhänge, auf welchen sie fliesst, sehr verschiedene Phänomene dar. Die Oberfläche der Lava erkaltet sehr schnell, erhärtet und bietet nun eine vielfach gespaltene Kruste dar, aus welcher noch überall Wasserdämpfe sich entwickeln. Die unter dieser Kruste fortglühende Lava, welche nur äusserst langsam erkaltet, fliesst langsam vorwärts, indem die erhärtete Decke beständig unter dem Drucke der feuerflüssigen Masse zerreisst und gleich einem Haufen von Blöcken über einander fortgeschoben und vorwärts gewälzt wird. Ein Lavastrom bietet sonach nicht sowohl das Bild einer fliessenden Schlammmasse, als vielmehr dasjenige eines Flusses dar, dessen Oberfläche beim Eisgange von zahllosen Eisblöcken überdeckt ist, auf welchem die Eistrümmer sich über einander schieben und

drängen und bei jedem Hindernisse aufstauen, bis das Wasser den von ihnen gebildeten Damm durchbricht und sie von Neuem vorwärts reisst. Alle Beobachter kommen darin überein, das Fliessen der Lavaströme besonders in ihrem untern Theile mehr als ein stetes Voranwälzen regellos sich anhäufender Trümmer, denn als ein gleichmässiges Fliessen zu schildern. Wir werden bei Betrachtung der speciellen Verhältnisse der Lavaströme noch näher auf diese Erscheinungen eingehen und wollen hier nur noch einmal auf die stete Entwicklung von Wasserdampf aus allen Spalten der Lavaströme aufmerksam machen, wodurch diese bei Tage aus einiger Entfernung wie eine Menge in einer Linie aufgestellter Ventile von Dampfmaschinen erscheinen, welche ihren Wasserdampf entlassen (siehe Fig. 868, *i*).

Die vulcanischen Eruptionen bieten demnach in ihren allgemeinsten normalen Verhältnissen folgende Erscheinungen dar. Voraus- §. 1149.
gehendes unterirdisches Getöse mit Erschütterung des Bodens, Entwicklung einer ungeheuren Menge von Wasserdampf, Auswurf von erdigen, steinigen, zermalmten und zerriebenen Massen von sogenannter vulcanischer Asche und endlich Ausbruch von Lavaströmen, welche sich über den Berg hinab ergiessen. Die Erzeugung von Lava, welche man gewöhnlich als das wesentlichste Phänomen anzusehen pflegt, ist im Gegentheil dasjenige, welches am öftesten fehlt; denn man darf wohl sagen, dass $^2/_3$ der jetzt auf der Erde thätigen Vulcane niemals Lavaströme geliefert haben.

Jedes einzelne der oben genannten Phänomene verdient seiner geologischen Wichtigkeit wegen eine genauere Betrachtung. Es wäre unmöglich, alle Fälle, wo die genannten Erscheinungen beobachtet wurden, genauer aufzuzählen, wir werden deshalb nur auf diejenigen eingehen, welche durch ihre Grösse eine Idee von der Gewalt der vulcanischen Kräfte geben können, oder durch ausserordentliche Abänderungen Stoff zu folgenreichen Schlüssen liefern.

Die gasförmigen Producte, welche im Momente des Aus- §. 1150.
bruches erscheinen und auch in den Perioden der Ruhe meist in relativ geringerer Menge entbunden werden, sind sehr mannigfaltiger Art und sehr verschieden nach den verschiedenen Vulcanen. Der Wasserdampf bildet zwar fast immer den wesentlichsten Bestandtheil dieser gasförmigen Producte; er ist aber häufig mit anderen Gasen geschwängert und reisst in seiner Zertheilung eine Menge von Salzen und anderen Stoffen mit sich, welche dann an den Ausströmungsstellen der Gase meist sich ansetzen. Der Wasserdampf dringt überall aus Spalten und Klüften des Kraters, der Lavaströme und oft auch der Seitenwände des Berges hervor und bildet auf diese Weise die sogenannten Fumarolen, deren Sammlung jene Dampfwolke bildet, welche gewöhnlich über dem ruhenden Vulcan schwebt.

Bunsen fand bei der Untersuchung der Fumarolen des Hekla auf Island, Ste. Claire-Deville am Vesuv, auf Vulcano und in der Umgegend von Neapel folgende Bestandtheile:

	Stickstoff.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Schweflige Säure.	Salzsäure.
Fumarole des grossen Heklakraters	81'81	14'21	2'44	1'54	Unbestimmte Menge
„	82'58	16'86	0'56	0'00	„
Fumarole des Lavastromes von 1845	78'90	20'09	1'01	0'00	„
Am östlichen Rande der grossen Vertiefung von 1850	78'7	18'7	—	2'6	—
Am nordwestlichen Rande der kleinen Vertiefung v. 1850	77'9	19'7	—	2'4	—
Am Grunde des Schlundes v. 1854	79'8	19'5	—	0.7	—
Vulcano. Flammenlose Fumarolen.					
a. An der nördlichen Kraterwand	74'7	18'5	—	6'8	—
b. Am Kraterboden	79'0	15'4	—	5'6	—
Schwefelfumarolen am Lavastrom a.	31'3	6'4	—	62'3	—
„ b.	19'8	4'4	—	75'8	—
„ c.	12'7		—	87'3	—
Schwefelwasserstofffumarole bei Aqua bollente	6'8	0'6	9'8	—	Schwefelwasserstoff 82'8
200 Meter westlich von Aqua bollente	13'6	0'4	86'0	—	—
Puzzuóli. Grosse Solfatara	61'0	14'5	—	24'5	—
Kleine Solfatara a.	56'9	14'9	—	—	28'2
„ b.	73'0	17'7	7'5	—	1'8
„ c.	40'4	10'7	32'4	—	16'5
Hundsgrotte . . .	21'1	5'3	73'6	—	—
Lago d'Agnano . .	21'1	3'8	81'1	—	—

Ausser diesen wässerigen Fumarolen kann man auch trockene §. 1151.
unterscheiden, welche meist eine sehr hohe Temperatur haben, aus dem untern Ende der noch fliessenden Lavaströme sich entwickeln und sublimirte Stoffe aus ihren weissen Dämpfen absetzen.

Die verschiedenen Gase, welche aus der Combination des Schwefels hervorgehen, kommen in allen Fumarolen am häufigsten vor und dienen meistens durch ihre Zersetzung zum Absatze jener Massen von Schwefel, die man in den Kratern findet. Das Schwefelwasserstoffgas erscheint oft in solcher Menge, dass man es deutlich riecht; es tritt meist erst nach den eigentlichen Eruptionen erkennbar hervor. Während der Ausbrüche verbrennt es wohl.

Die schweflige Säure, die fast immer vorkommt, mag theils aus dem Verbrennen des Schwefelwasserstoffs, theils aus der Zersetzung von Schwefelmetallen und Schwefeldämpfen mit Pyroxengesteinen hervorgehen; beim Zusammentreffen beider Gase zersetzen sich dieselben in Wasser und Schwefel, der sich niederschlägt und dann die sogenannten Solfataren bildet. Das verbrennende Schwefelwassertsoffgas bildet auch ohne Zweifel jene Flammen, welche von vielen Beobachtern zwar geläugnet, von den meisten aber wirklich gesehen wurden.

Die Salzsäure ist vielleicht nur eine vorübergehende Nachwirkung der vulcanischen Ausbrüche, indem die in der Lava enthaltenen Chlormetalle durch die Einwirkung des heissen Wasserdampfes und der Kieselerde zerlegt werden. Ihre Entwicklung nimmt deshalb bald ab, wenn die Laven vollständig erkaltet sind. Die Efflorescenzen von Salmiak, Kochsalz, Chloreisen und Chlorkupfer, die man in so grosser Menge in manchen Vulcanen findet, zeigen auf die Häufigkeit des Chlors hin.

Die Kohlensäure gewinnt meist erst in späteren Zeiten das Uebergewicht über die anderen Gase, wenn der Vulcan ausgestorben ist, und bildet dann die sogenannten Mofetten, indem das schwerere Kohlensäuregas sich in geeigneten Vertiefungen sammelt und eine irrespirable Schicht auf dem Boden bildet, in welcher kleinere Thiere ersticken. Die Hundsgrotte bei Neapel, das Todesthal auf Java sind bekannte Erscheinungen dieser Art.

Freies Wasserstoffgas kommt unzweifelhaft in manchen Fumarolen vor, ebenso Stickstoff, atmosphärische Luft und zuweilen auch Kohlenwasserstoffgase.

Bei allen diesen Untersuchungen muss festgehalten werden, dass §. 1152.
dieselbe Fumarole je nach Zeit und Ort sehr verschiedene Producte liefern kann, je nachdem der Ausbruch beginnt, auf seiner Höhe ist, abnimmt und endet, die Wärme sich zurückzieht und der Heerd der Entwicklung sich weiter von der äussern Oeffnung entfernt. Ste. Claire Deville hat hiernach vier verschiedene Gruppen von Fumarolen unter-

schieden: a) solche, bei denen Stickstoff und Sauerstoff vorwalten; b) mit vorwaltender schweflige Säure; c) mit vorwaltendem Schwefelwasserstoff und d) mit vorherrschender Kohlensäure. Diese Entwicklungen sollten zugleich mit den Sublimationen in einem bestimmten Verhältnisse zur Intensität und zur Abwicklung der Ausbrüche stehen, indem auf der Höhe des Ausbruches vorherrschend Kochsalz mit Luft, im zweiten Stadium Eisenchlorür mit Salzsäure und schwefliger Säure, im dritten ammoniakalische Salze und Schwefelwasserstoff; im letzten keine Sublimationen mehr, dagegen Kohlensäure und brennbare Gase geliefert würden. Bei Santorin hat sich dieses Gesetz indessen nicht ganz bestätigt; denn als Fonquet nach seinen Fumarolen-Untersuchungen in Anwendung des Deville'schen Gesetzes den Ausbruch im März 1866 für seinem Ende nahe erklärte, begann derselbe mit erneuter Heftigkeit im April.

§. 1153. Die Sublimation von Stoffen aller Art mit Hülfe dieser gasförmigen Bestandtheile der vulcanischen Producte verdient eine wesentliche Berücksichtigung. Es ist leicht begreiflich, dass Stoffe wie Schwefel, Salmiak und andere Salze mit flüchtigen Basen, welche man in grosser Menge in den Spalten und Rissen der vulcanischen Gesteine sammelt und namentlich auch in den Rissen der Laven sich ansetzen sieht, aus den heissen Bestandtheilen heraussublimiren können; — man hat aber, von den chemischen Grundsätzen ausgehend, behaupten wollen, Salze mit feuerbeständiger Basis, wie Kochsalz, Gyps, Chloreisen, die man ebenfalls in den Spalten der Laven findet, könnten unmöglich durch Sublimation abgesetzt sein. Bedenkt man aber, dass die Sublimation der Vulcane unter ganz anderen Verhältnissen, als in den trockenen Retorten der Laboratorien, vor sich geht, so wird man auch anerkennen müssen, dass hier ganz andere Resultate erhalten werden können. Die Sublimation der Vulcane geschieht nicht in trockenem, feurigem Flusse, sondern unter der Einwirkung eines gewaltig erhitzten Stromes von Wasserdampf, der unter einem bedeutenden hydrostatischen Drucke sich befindet. Man hat bemerkt, dass selbst die feuerbeständigsten Stoffe schon bei völlig ruhigem Verdampfen von wässerigen Lösungen mit dem Dampfe fortgerissen und weithin mitgetragen werden; wenn bei ruhigem Verdampfen eine schon merkbare mechanische Molecularaction stattfindet, wie vielmehr muss eine solche wässerige Sublimation unter den angeführten Verhältnissen der Vulcane an Ausdehnung gewinnen! Es kann demnach keinem Zweifel unterworfen sein, dass viele Mineralstoffe, welche wir in den Spalten und Klüften der noch thätigen wie der erloschenen Vulcane finden, durch solche Sublimation, bei welcher der Wasserdampf als Vehikel eine bedeutende Rolle spielte, fortgeführt wurden, während andere allerdings auch durch blosse trockene Sublimation in den trockenen Fumarolen ausgeführt werden.

Schwefel findet sich fast überall, oft in ungeheuren Mengen und weit entfernt von noch thätigen Vulcanen, z. B. in den Klüften des Kalkgebirges in Sicilien, oder in grösserer Nähe, z. B. am Fusse des Antisana, in den Kratern und Lavarissen. Meist entsteht er, wie schon bemerkt, durch gegenseitige Zersetzung von Schwefelwasserstoff und schwefliger Säure, aber auch durch trockene Sublimation. Das Vorkommen ist so allgemein, dass man glauben sollte, Schwefelverbindungen in der Tiefe seien eine nothwendige Bedingung der Bildung von Vulcanen. Dann kommen der Häufigkeit nach Kochsalz und zwar als Meersalz, d. h. mit Chlorkalium, Chlorcalcium und Chlornatrium vermengt, so dass das Salz leicht an der Luft zerfliesst und schnell weggeführt wird, sowie andere Chlormetalle, am häufigsten die beiden Chloreisenverbindungen, selten und nur in sehr kleinen Mengen Chlorkupfer und Chlorblei. Das stete Vorkommen dieser Chlorverbindungen deutet wohl ohne Zweifel auf die thätige Mitwirkung des Meerwassers an der vulcanischen Action hin. Eisenglanz und Magneteisen scheinen nur Oxydationsproducte des entsprechenden Chlormetalls, ebenso Kupfer, Nickel und Zinnoxyd. Salmiak findet sich nur in nassen Fumarolen, am häufigsten an den Vulcanen Inner-Asiens. Er kommt stets erst einige Zeit nach den Ausbrüchen zum Vorschein und scheint theils, nach Bunsen, aus der Zersetzung organischer Körper, besonders Pflanzen, durch die darüber fliessende Lava, theils durch directe Bildung aus dem Stickstoff der Atmosphäre und dem Wasserdampf zu entstehen. — Die Entstehung schwefelsaurer Salze, wie Bittersalz, Gyps, Glaubersalz, erklärt sich leicht aus dem Zusammentreffen der betreffenden Basen mit Schwefelverbindungen, Luft und Wasser. — Sehr selten ist die Borsäure — in bemerkenswerther Menge, wo sie auch technisch gewonnen wird, in den Solfataren von Cerboli bei Volterra in Toscana. Man gewinnt dort jetzt jährlich über eine Million Kilogramme. §. 1154.

Die Entfernung, bis zu welcher die grösseren Schlackentrümmer aus dem Krater geschleudert werden, giebt schon ein besseres Maass der vulcanischen Kraft ab, als die noch so zweifelhaften, schwankenden Phänomene der Elektricität. Die vulcanischen Bomben, wie man diese grossen Blöcke zuweilen nennt, finden sich in der Umgebung der Krater des Vesuvs und Aetna bis zu bedeutenden Entfernungen; auf der Somma, deren halbkreisförmiger Kamm etwa 2000 Meter von dem Mittelpunkte des Kraters des Vesuvs absteht, trifft man eine Menge eckiger Schlackenstücke, die offenbar Auswürflinge des Kraters sind und zuweilen bis zu zwei Meter Durchmesser haben. Man behauptet selbst, dass solche Blöcke, die in 4000 Metern Entfernung vom Krater liegen, an ihrer jetzigen Lagerstätte niedergefallen seien. Berechnet man für die auf der Somma liegenden Blöcke die §. 1155.

Höhe, bis zu welcher sie über den Gipfel geschleudert werden mussten, um in 2000 Metern Entfernung niederzufallen, so ergiebt sich daraus eine Höhe von 1200 Metern für die Schlackengarbe, aus welcher diese vulcanischen Bomben hervorbrachen. Meist sind dieselben bis kopfgross; bei dem Ausbruche des Vesuvs im Jahre 1832 wurden indess Bomben von 250 Pfund ausgeworfen. Von anderen Vulcanen erzählt man selbst noch viel auffallendere Kraftäusserungen. So soll der Eyafiälla Jökul in Island Blöcke bis auf zwei Stunden Entfernung, der Cotopaxi in den Anden sogar eine Masse von 100 Cubikmetern in eine Weite von drei Stunden Weges geschleudert haben — Beispiele, die indess noch sehr der Bestätigung bedürfen. Im Allgemeinen zeigen sich bei den Ausbrüchen besonders dann grosse vulcanische Bomben, wenn der Vulcan lange geruht und der Krater sich so durch erkaltende Lava verstopft hat, dass eine plötzliche sehr bedeutende Kraftentwicklung dazu gehört, denselben wieder zu eröffnen. So bildete vor der pompejanischen Eruption der Krater des Vesuvs eine Ebene, in welcher Bäume wuchsen, Heerden weideten und **Spartacus** das Heer der Sclaven campiren liess; — man findet jetzt die Bäume auf den Gehängen des Berges in den Schichten des Bimssteintuffes bei grossen Blöcken, die ohne Zweifel damals den Krater verstopften und hervorgeschleudert wurden.

§. 1156. Die **Quantitäten feiner Asche**, welche aus den Kratern ausgeworfen werden, sind oft ungeheuer. Bei dem furchtbaren Ausbruche des Tomboro auf der Insel Sumbava, im Osten von Java, der am 5. April 1815 begann, am 10. seinen Höhepunkt erreichte und bis zum 15. Juli dauerte, ward ein englischer Kreuzer ausgeschickt, um Erkundigungen einzuziehen. Das Schiff sah am 12. April in der Ferne eine dunkelgefärbte Wolke, die beim Herannahen eine röthliche Färbung annahm und bald den ganzen Himmel überzog. Um elf Uhr Morgens war das Schiff unter der Wolke und der Aschenregen begann, der um Mittag schon so dicht wurde, dass vollkommene Finsterniss eintrat und man die Hand vor den Augen nicht sehen konnte. So dauerte der Aschenregen den ganzen Nachmittag und die Nacht durch bis um sieben Uhr des andern Morgens, mithin 19 Stunden lang ohne Aufhören. Das Schiff war fusshoch mit einer dicken Lage feiner grauer Asche bedeckt, die sich so sehr zusammengesetzt hatte, dass eine Pinte $12^3/_4$ Unzen wog und man die Quantität, welche man abschaufelte und in das Meer warf, auf mehre Tonnen schätzte. Und doch befand sich zu dieser Zeit das Schiff in einer Entfernung von mehr als 100 Seemeilen vom Vulcane selbst! Ein malayisches Schiff, welches noch während der Dauer der Ausbrüche in der Nähe des Tomboro landete, fand den Boden bis zu drei Fuss Höhe mit Asche überlagert und das Meer war in einer Entfernung von mehren Meilen mit einer zwei Fuss mäch-

tigen Bimsstein- und Aschenschicht bedeckt, welche auf dem Wasser schwamm und das Schiff in seinem Lauf anhielt. Auf Lombock fiel noch der Aschenregen 2 Fnss dick, zerstörte die Vegetation nnd tödtete durch die nachfolgende Hnngersnoth 44000 Menschen; auf Snmbava starben 12000, zum Theil erstickt. — Im Jahre 1822 wurde bei einer heftigen Eruption der ganze Aschenkegel des Vesuvs, in dessen Mitte die Krateröffnung sich befand, in die Lnft geschlendert; die Asche fiel so dicht, dass man um zwei Uhr Nachmittags die Laternen in Resina anzünden musste. Ein grosser Theil der Kastanienwälder an dem Fusse des Vesuvs wurde durch die dichte Aschenbedeckung zerstört nnd die Bäume getödtet. Dnrch den Platzregen ans der vulcanischen Gewitterwolke wurde eine Schlammfluth aus dieser Aschenmasse gebildet, welche die Dörfer St. Sebastiano und Massa theilweise niederwarf und überschwemmte. — Der Vnlcan Cossimina in Guatimala hat zu verschiedenen Zeiten nngeheure Aschenmassen ausgeworfen und zwar bis in nnglaubliche Entfernungen hin. Die Asche von ihm fiel bis in Jamaica, das 230 Seestunden von dem Vnlcane entfernt ist nnd in einer den Passatwinden entgegengesetzten Richtnng liegt. Da nnn zur Zeit des Ansbruches die Passatwinde wirklich herrschten, so ist es wahrscheinlich, dass die Asche so hoch in die Atmosphäre geschleudert wurde, dass sie in den entgegengesetzten Lnftstrom der höheren Luftschichten kam und von diesen gen Jamaica geführt wurde. Das angeführte Beispiel vom Tomboro beweist ebenfalls die weite Wegführnng der vulcanischen Asche, wenn sie gehörig fein ist und vom Winde getragen wird — es fiel die Asche bis auf Punkte der Insel Sumatra, die 300 Seestunden vom Tomboro entfernt sind. — Der Aetna schleuderte im Jahre 1329 seine Asche bis nach Malta; im verflossenen Jahre will man sogar auf den Orcaden Asche des letzten Ausbruches haben fallen sehen; der Vesuv überschüttete im Jahre 1794 ganz Calabrien und der St. Vincent auf den Antillen schlenderte in einer Entfernnng von 30 Seemeilen, der herrschenden Richtnng der Passatwinde entgegen, so viel Asche auf Barbados, dass mitten am Tage vollkommene Nacht eintrat. Bei dem Ansbrnche des Vesuvs im Jahre 1839 fiel ein ziemlich bedeutender Rapilliregen in der nächsten Umgebung des Vesuvs, der eine dreieckige Fläche von einer dentschen Meile Basis und $2^1/_2$ Meilen Höhe überdeckte und eine Schicht von 1 Zoll Mächtigkeit im Durchschnitt bildete. Nach diesen Angaben betrug die Menge der ansgeworfenen Schlacken nnd Aschenmassen 58 Millionen Cubikfuss, die einen Kegelberg von 1213 Fuss Basis und 153 Fuss Höhe hätten bilden können. Der Monte Nnovo, einer der bedeutendsten aufgeschütteten Kegel, hat etwa 22mal mehr Masse, nnd da die Augenzeugen der Eruption des Monte Nuovo alle von einer ungeheuren Aschenquantität reden, der erwähnte Ausbruch aber nur ein sehr unbedeutender war, so könnte die Bildung des Monte Nuovo ans auf-

geschütteten Massen nicht verwundern. Bei dem Ausbruche des Galungun auf Java am 8. October 1822 wurde ein Landstrich von 15 englischen Meilen im Umkreise des Vulcanes, der 114 Dörfer trug, vollständig unter Asche, heissen Schlammströmen und Auswürfen begraben, und zwar mit solcher Schnelligkeit, dass nur die Bewohner der am äussersten Rande dieses Zerstörungskreises liegenden Wohnungen sich retten konnten. Es musste demnach eine ganz ungeheure Quantität von Stoffen über die Erde ausgebreitet werden.

§. 1157. Durch die Aufschüttung dieser losen Aschen- und Schlackenmassen in der Umgegend der Ausbruchsstelle bilden sich sowohl die Hauptaschenkegel der vulcanischen Krater, als auch die kleinen parasitischen **Aschenkegel**, welche auf den Gehängen der Vulcane sich überall zeigen, wo ein seitlicher Ausbruch stattgefunden hat. Bei der Bildung der Spalten, durch welche die Lava nach den Seiten hin ihren Ausweg nimmt, sowie bei dem Durchbruche des Hauptkraters werden die Lippen der Spalten oder trichterförmigen Oeffnungen gehoben und in der Mitte durchrissen, und auf diesem erhobenen Boden schütten sich nun die Materialien, die Schlacken, Bimssteine und Aschenmassen auf, welche aus dem Krater in die Höhe geschleudert werden. Schon dadurch, dass diese Massen senkrecht in die Luft abgeschossen werden, muss sich eine conische Form des Aufgeschütteten hervorbilden, indem die grösste Menge der Trümmer wieder senkrecht herabfällt, also auf die Auswurfsöffnung selbst und in deren Umkreis, während weiter hin nur wenige Schlacken fallen und somit die Menge des Aufgeschütteten um so geringer wird, je weiter man sich von der Mündung entfernt. Ebenso viel als die genannte Ursache trägt die unzusammenhängende Natur der Schlacken- und Aschenmassen zu der Bildung eines Kegels bei, indem diese beim Fallen ein gewisses Gehänge annehmen, dessen Winkel um so grösser ist, je grösser und eckiger die Fragmente sind. Da diese Fragmente nun von allen Seiten herabfallen, so geschieht es etwa wie mit Sand, den man durch einen Trichter fallen lässt, und der sich auf dem Boden wieder kegelförmig aufschichtet. Die Kegel, welche auf diese Weise von den Vulcanen aufgeschüttet werden, haben meist eine etwas unregelmässige elliptische Form, indem die Richtung des Windes bei ihrer Aufschüttung sehr dazu beiträgt, einen bedeutendern Fall von Materialien nach einer Seite hin zu veranlassen; ihre Gehänge wechseln, je nach der Form und Natur der aufgeschütteten Massen und nach der Art und Höhe des Falles, zwischen 18° bis 40°, wie die nachfolgende Tabelle zeigt, wo die Böschungswinkel mehrer solcher vulcanischer Kegel verzeichnet sind.

	Grade des Winkels	
Der Monte Nuovo auf der Seite nach Puzzuoli hin	18	§. 1158.
Der Mosenberg, vulcanischer Kegel in der Eifel (südl. Gehänge)	18	
Schlackenkegel auf dem südlichen Gehänge des Vesuvs, im Jahre 1794 aufgeschüttet	20	
Der Kamm des Schlackenkegels der Camaldoli am südlichen Fusse des Vesuvs gegen Torre del Greco hin	22	
Feine Rapilli, auf welchen man, beim Einpflanzen der Fersen, von der Casa Inglese nach dem Val del Bove hinabsteigen kann	23	
Dasselbe Gehänge weiter oben, wo ein Lavastrom nur einzelne verstreute Schlacken zurückgelassen hat	24	
Südöstliches Gehänge des Mosenberges in der Eifel	25	
Schlackenkegel im Südosten des Vesuvs, entstanden 1760	27	
Die Monti Rossi bei Nicolosi am Aetna	28	
Der obere Aschenkegel des Vesuvs, vom Hafen von Neapel aus gemessen	30	
Die Punta del Palo (höchste Spitze des Vesuvs), von dem westlichen Theile der Somma aus	32	
Der obere Aschenkegel des Aetna nach Nordwesten hin	32	
Der Krater des Puy de Pariou, beim Puy de Dôme	32	
Der Kegel des Vesuvs, südlich von dem Lavadurchbruche von 1834	33	
Der Monte Elce, ein parasitischer Eruptionskegel am Aetna	37	
Untermeerische Böschung der Insel Julia	40° 55	
Die steilsten Stellen der Kegel des Vesuvs, des Pico de Teyde, des Pichincha und Jorullo	40—42	

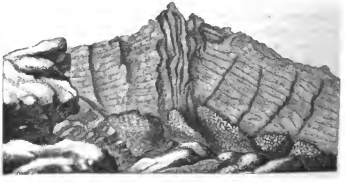
Es ergiebt sich aus der Natur der Sache, dass diese Eruptionskegel eine äusserst unbeständige Erscheinung sind, welche bei jedem Ausbruche entstehen und verschwinden können. Je höher der Berg, desto grösser ist meist die Zahl der kleineren parasitischen Kegel, welche auf dem Hauptberge aufsitzen wie Warzen auf einer Nase. Der Aetna ist mit solchen parasitischen Auswurfskegeln rundum übersäet, da die meisten seiner Ausbrüche aus Spalten erfolgen, welche in den Seiten des Berges entstehen, und nur selten aus dem obern Hauptkegel. Auf dem Vesuv im Gegentheile sind die parasitischen Kegel eine Seltenheit; die geringe Höhe des Berges lässt leicht den mittlern Hauptschlund eröffnen. §. 1159.

Der mittlere Eruptionskegel, in welchem bei den meisten thätigen Vulcanen die Oeffnung des Kraters sich befindet, wechselt natürlich §. 1160.

mit jedem Ausbruche bedeutend. Zuweilen wird er nach langer Ruhe bei heftiger Eruption gänzlich in die Luft geschlendert, oder er stürzt zusammen und in den Krater hinein; in anderen Fällen wieder schüttet er sich bedeutend auf. Man hat ein Maass dieser Veränderungen, namentlich von solchen Orten aus, wo man nur die Spitze des Aschenkegels oder nur einen Theil desselben sehen kann, indem manchmal nach Ausbrüchen der Vulcan durchaus von dem Horizonte der Bewohner solcher Localitäten verschwindet oder aber bedeutender hervortritt. So verschwand nach dem grossen Ausbruche des Aetna im Jahre 1769 der Vulcan aus dem Horizonte vieler Städte Siciliens; der Aschenkegel war eingestürzt und ein ungeheurer weiter, trichterförmiger Schlund führte in den Krater. Nach und nach schüttete sich dann bei folgenden Ausbrüchen der Kegel wieder auf. Vom Vesuve werden ähnliche Wechsel erzählt.

§. 1161. Bedeutende Veränderungen in der Form der Eruptionskegel werden durch die Art des Ausbruches der **Lavaströme** bedingt, indem diese theils aus Spalten, welche die Kegel zerreissen, hervorbrechen, theils über den Rand der trichterförmigen Mündung ausfliessen und dort sich in die aufgeschüttete Schlackenmasse einfressen. Die Eruptionskegel, welche Lavaströmen zum Auswege gedient haben, sind deshalb entweder quer durch oder in der Mehrzahl der Fälle auf der einen Seite ihres Umfanges gespalten und nach innen zugänglich. Solche Spalten bleiben nach dem Ausbruche mit Lava ausgefüllt, und es zeigt sich so oft in den Eruptionskegeln eine sehr complicirte Bildung, indem die nach allen Seiten hin parallel mit der Böschung abfallenden Schichten von aufsteigenden Gängen neuerer Lava durchbrochen sind. Fig. 869 bietet die naturgetreue Skizze eines halbeingestürzten Eruptionskegels auf dem Kraterplateau des Vesuvs, dessen stehengebliebene

Fig. 869.

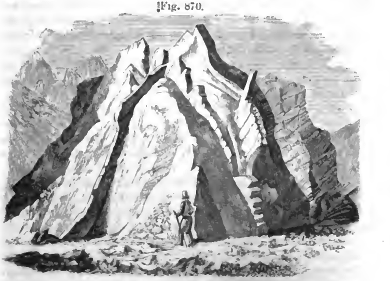


Ausgefüllte Eruptionsspalte auf dem Kraterplateau des Vesuvs.

Hälfte von einem senkrechten Lavagange durchsetzt ist, welcher sich bei der Erkaltung schichtenförmig abgesondert hat und dadurch sehr wohl gegen die nur wenig aufgeworfenen Schichten des Eruptionskegels bemerklich wird.

Das äusserst häufige Vorkommen solcher Gänge in allen älteren Lavaschichten, in allen neueren Aschen- und Schlackenlagern zeigt, dass das Durchbrechen der Lava durch solche Risse und das Erfüllen derselben eine sehr gewöhnliche Erscheinung ist. Bei dem Abtragen eines Vulcanes, wie des Aetna z. B., würde man, da die meisten Spalten eine von dem Hauptkrater ausstrahlende Richtung haben, eine sternförmige Figur von im Mittelpunkte zusammengestellten senkrechten Platten (den mit compacter Lava ausgefüllten Gängen) erhalten, zwischen welchen die aufgehäuften Aschen- und Schlackenschichten, sowie tiefer unten die durch den Durchbruch der vulcanischen Massen aufgehobenen älteren Schichten sich fänden. Man würde in der Nähe dieser Lavagänge oder Platten meist die Schichten erhoben, aufgerichtet, geknickt finden; an anderen Stellen aber auch nur einfach durch Dehnung zerrissen und die Lava in die Rissstelle ergossen, wie flüssiges Wachs in alle Zwischenräume eindringend. Alle diese Verhältnisse, welche sich theilweise an der gegebenen Figur erkennen lassen, wo ebenfalls die Schichten, welche den Eruptionskegel bilden, sanft gegen den Lavagang hin gehoben sind, sind an vielen Stellen der Somma, des Val del Bove etc. (Fig. 870) ausgeprägt und liefern hier §. 1162.

Fig. 870.



Spalten, mit erstarrter Lava-Gangmasse angefüllt, im Val del Bove am Aetna.

die wesentlichsten erklärenden Beispiele derjenigen Erscheinungen, welche man bei älteren eruptiven Gängen wahrnimmt.

§. 1163. Wie ungemein gross der **hydrostatische Druck** sein muss, unter welchem sich die Lava aus dem Boden hebt, geht aus der Berechnung der Höhen hervor, bis zu welchen sie sich in manchen Vulcanen über die Meeresfläche erhoben hat. Die Vulcane der Anden haben meistens keine Lava geliefert, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil die Lava in ihnen nicht über die Basis hinaussteigen konnte, auf welcher sie ruhen; der Aetna hat in den meisten Fällen sich gespalten und den Druck nicht ausgehalten, welchen die Lava ausgeübt haben würde, wenn sie bis zu seinem 4200 Meter hohen Gipfel sich erhoben hätte; in einigen Fällen indess ist die Lava wirklich aus dem Krater selbst ausgeflossen, der etwa die Höhe der Basis erreicht, auf welcher die Andenvulcane ruhen. Die grösste Höhe, bis zu welcher je die Lava sich erhoben hat, soll, nach **Erman**, der Vulcan Klutscheff in Kamtschatka darbieten, aus dessen 4700 Meter über der Meeresfläche gelegenem Krater sich ein Lavastrom ergossen hat.

Die elastische Kraft des Dampfes kann nun ein Maximum nicht überschreiten, welches dann erreicht wird, wenn seine Dichtigkeit derjenigen des Wassers gleichkommt, was bei einem Drucke von 8300 Atmosphären stattfindet. Nimmt man nun das specifische Gewicht der Lava dreifach grösser als dasjenige des Wassers und ihre Hitze zu 1270 Grad an, so findet man, dass die höchste Lavasäule, welche der Wasserdampf bei seinem Maximum von Elasticität heben kann, eine Höhe von 29591 Meter erreichen würde. Man sieht, dass diese Kraft allein weitaus hinreichen würde, die Lavasäule auf die Spitzen der höchsten Berge zu bringen.

Bedenkt man aber noch, dass die Schlote der Vulcane Röhren sind, deren Wände einem verhältnissmässig starken Drucke widerstehen, und dass die Dampfblasen, wie die Eruptionen uns lehren, fortschreitend einander folgen, so tritt derselbe Fall ein, wie z. B. bei einer Barometerröhre, in die man Luftblasen eintreten lässt, welche ebenfalls die Quecksilbersäule auf eine grössere Höhe erheben als der Druck der Luft auf die Oberfläche allein es thun würde. Jede Dampfblase hebt demnach in dem Schlot der Vulcane eine Lavasäule, die ihrer Elasticität entspricht. Der ganze Schlot gleicht gewissermassen einer von unten wirkenden Druckpumpe, wo jede Dampfblase einerseits ein Ventil und andererseits einen Regenerator der Auswurfskraft darstellt. So erklärt sich denn auch das Auf- und Niederwogen der Lava und das stossweise Hervorbrechen der Dampfwolken aus dem Krater, während andererseits diese Berechnung darthut, dass aus einem 24 Kilometer unter dem Meeresniveau gelegenen Reservoir der Wasserdampf immerhin noch die Lavasäule auf die Höhe des Klutscheff heben könnte.

Die Hitze, welche die Lava bei ihrem Austreten aus den Spalten und Kratern zeigt, scheint wesentlichen Schwankungen unterworfen zu sein. In manchen Fällen zeigt sie sich vollkommen weissglühend; in anderen scheint nur noch Rothglühhitze vorhanden. Man wird keinen grossen Fehler machen, wenn man ihren Schmelzungspunkt, etwa als in der Mitte zwischen demjenigen des Silbers und des Kupfers stehend, zu etwa 1270 Graden annimmt. Nach Versuchen, welche Humphry Davy am Vesuv anstellte, schmolz ein Kupferdraht von $^{1}/_{20}$ Zoll Durchmesser, ein Silberdraht von $^{1}/_{30}$ Zoll Durchmesser in demselben Augenblicke, wo er in die Lava gesteckt wurde, während ein Eisendraht von $^{1}/_{20}$ Zoll Durchmesser nicht schmolz und auch nicht verbrannte. Die Hitze der Lava war sicherlich bedeutender, als die Rothglühhitze des Eisens; denn von einem Stücke Blei, welches in zwei gleichgrosse Theile getheilt wurde, schmolz der eine Theil in 4 Minuten vollständig auf der Lava, während der andere zum Schmelzen auf rothglühendem Eisen 8 Minuten Zeit bedurfte. Dagegen hatte die Lava des Vesuvs vom Jahre 1855 nach Versuchen von Scacchi und Deville höchstens 700° C. Einen Maassstab für die Hitze eines Lavastromes kann auch der Umstand abgeben, dass eine Glocke, welche bei der Zerstörung von Torre del Greco im Jahre 1794 in die Lava fiel, nicht gänzlich schmolz, sondern nur theilweise, indem das Zink flüssig wurde, während das Kupfer als Skelett der Glocke ungeschmolzen zurückblieb. Man kann gegen diese ursprüngliche Hitze der Lava nicht die Thatsache anführen, die vollkommen richtig ist, dass man Bäume, Holz und andere brennbare Substanzen unversehrt, nur verkohlt, unter Lavaströmen wiedergefunden habe; das Nichtverbrennen dieser Substanzen ist einzig dem Umstande zuzuschreiben, dass die Lava dieselben bedeckte und dem zum Verbrennen nöthigen Sauerstoff der Luft den Zutritt absperrte. §. 1164.

Das Fliessen der Lavaströme an der freien Luft bedarf einer genanern Betrachtung, indem es den wesentlichsten Einfluss auf das Verhalten derselben beim Erkalten ausübt. Die Lava selbst scheint beim Zutritt der Luft nicht stärker zu glühen oder gar zu brennen, ebenso wenig absorbirt sie Sauerstoff; sie fliesst langsam oder schnell, in breiterem oder schmälerem Strome, je nach den Gehängen, welche sie antrifft, so lange, bis ihre Erkaltung oder der Mangel an Gefäll ihrer Bewegung Halt gebietet. Um genauere Anhaltspunkte zu haben, setzen wir den Fall, dass ein grösserer Lavastrom aus dem Kegel eines Vulcanes bei *a* hervorbricht und bis an das Meer sich ergiesst, wie dies Fig. 871 (a. f. S.) in einem Schema darstellt. Der Strom findet zuerst bei *b* eine bedeutende Böschung, über welche er wie ein Wildbach mit bedeutender Schnelligkeit herabstürzt, so dass, nach v. Buch's Ausdrucke, er nur wie ein rother Faden an dem Kegel hinabrieselt. §. 1165.

Die Schlackentheile, welche auf solchen Gehängen von 18 bis 40 Grad Neigung hängen bleiben, bilden dann nur unzusammenhängende Flocken

Fig. 871.



Längendurchschnitt eines Lavastromes.

und Lappen, deren innere Structur faserig lang gezogen, sehr aufgeblasen und unregelmässig ist, gleichsam wie wenn man von der Masse einige Stückchen abgerissen hätte.

Trifft nun der Strom weiter unten bei *c* auf weniger geneigte Böschungen, so verliert er diese anfängliche Schnelligkeit; durch die Ausstrahlung seiner Wärme hat er sich mit einer oberflächlichen Decke überzogen, deren äussere Fläche schon ganz erstarrt ist, während die innere Fläche noch jene weiche, breiige Dehnbarkeit besitzt, welche die Laven vor dem Erkalten annehmen. Diese Rinde bietet ein Hinderniss für die Fortbewegung; sie bildet oftmals einen Sack, einen Damm, welchen die Lava beim Fortschreiten durchbrechen muss, und auf beiden Seiten des Stromes bleibt sie zurück wie ein Längsdamm, wie die Moräne eines Gletschers, und zeugt von der Höhe, welche der Strom beim Fliessen einnahm. Es entsteht so eine Art Kampf zwischen dem flüssigen Strome und der erstarrten Rinde, die den erstern zurückhält; die Rinde biegt und reisst überall, wird zerworfen, durch einander gewühlt und bietet dann jene wilde Rauhigkeit dar, welche die unter dem Namen **Cheires** bekannten Ströme zeigen, die meistens auf Böschungen von 3 bis 5 Graden Neigung flossen. Wie es scheint sind gerade diese Neigungen am geeignetsten, eine recht rauhe Cheire hervorzubringen, weil die Lava auf solchen Neigungen nicht zu sehr an Schnelligkeit verliert und doch hoch genug anschwellen kann, um eine Mächtigkeit zu erreichen, welche ihrer Kraft den grössten Nachdruck giebt.

Auf geneigten Flächen endlich von weniger als drei Graden, bei *e*, verliert die Lava sehr von ihrer Bewegungsgeschwindigkeit; die Rinde wird fester, nicht mehr so zerworfen, die Oberfläche weniger rauh, und bald hält die Lava, entweder in ihren eigenen Dämmen eingeschlossen oder vom Meere, *f*, aufgehalten, gänzlich an und erkaltet in diesem Zustande. Meist bedarf es zu diesem gänzlichen Aufhalten der Lavaströme eines Gefälles von weniger als zwei Graden; ja der grösste Lavastrom der geschichtlichen Zeit, der im Jahre 1783 am Fusse des Skaptar Jökul in Island ausbrach, floss nur auf Gehängen

von 30 Minuten im Durchschnitt. Bei diesem Erkalten anf dem Platze ohne Bewegung nehmen die Laven eine prismatische Säulenform an, ganz derjenigen ähnlich, welche die Basalte zeigen nnd die wir hei diesen näher hetrachten werden. Jedenfalls heweisen die prismatischen Säulenahsonderungen, welche man bei alten und neuen Laven am Vesuv und Aetna mehrfach sieht, sowohl in der nnmittelbaren Nähe des Meeres, als anch in einiger Entfernnng davon, dass eben diese Absonderung und Säulenbildung weder durch die Zusammensetzung, noch durch die Einwirknng des Meerwassers auf die Lava, sondern lediglich durch die sehr langsame Erkaltung derselben bedingt werde, besonders wenn der Lavastrom eine bedeutende Mächtigkeit erreicht hat. Am schönsten wird dies durch die Art und Weise bewiesen, wie die Lavagänge, welche im Innern des Berges, fern von aller Berührung mit dem Meere, erkalten, ebenfalls eine prismatische Structur annehmen; nnr sind die Prismen hier horizontal, indem sie in rechtem Winkel auf den Erkaltungsflächen, d. h. den Wänden der Spalte, aufruhen, während hei den Lavaströmen die Prismen vertical stehen, da die Erkaltungsflächen oben und unten horizontal sich ausdehnen.

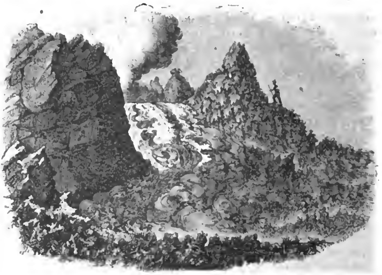
Die Geschwindigkeit, mit welcher die Lavaströme sich vorwärts bewegen, muss natürlich einerseits von der Flüssigkeit ihrer §. 1166.
Masse, andererseits von dem Gefälle abhängen und von der Qnantität, welche der Strom hietet. Es zeigen sich demnach hier die grössten Verschiedenheiten: die Lava, welche im Jahre 1805 aus dem Krater des Vesuvs hervorschoss, erreichte in Zeit von drei Stunden das Ufer des Meeres, durchlief also in gerader Linie einen Weg von 7000 Metern; nach Hamilton soll ein Strom im Jahre 1776 am Vesuv 2000 Meter in 14 Minnten durchlaufen haben; ein anderer, nach de la Torre, nnr 800 Meter in einer Stunde; der Lavastrom, der als majestätischer Strom von 1200 Fuss Breite im Jahre 1842 gegen Bronte hinfloss an dem Aetna, legte in der Stunde 1750 Fuss zurück. In der letzten Zeit des Fliessens, wo die Masse schon in einen gewissen breiigen Zustand übergegangen ist, beträgt das Vorrücken oft nur höchstens einen Fuss im Tage. — Im Allgemeinen ist die Schnelligkeit der Lavaströme demnach nicht sehr gross und die Möglichkeit der Rettnug für lebende Wesen ziemlich leicht, zumal da in vielen Fällen man sogar über einen fliessenden Lavastrom ohne Gefahr hinüber gelangen kann, weil die erstarrte Kruste den flüssigen Kern deckt. Die Nonnen eines Klosters in Torre del Annnuziata retteten sich auf diese Weise über die erstarrte Decke eines Lavastromes, welcher die Gebäude zerstörte.

Die Dimensionen der Lavaströme bieten grosse Verschiedenheiten dar, die von der ausgespieenen Masse der Flüssigkeit und dem §. 1167.
Gefälle des Bodens abhängen. Je stärker die Bodenneigung, desto

schmäler ist der Lavastrom, desto geringer seine Mächtigkeit bei sonst gleicher Masse; je schwächer das Gefälle wird, desto mehr breitet sich der Strom aus, indem er zugleich anschwillt und sich erhebt. Man kann deshalb bei grösseren Lavaströmen leicht aus den abwechselnden Erweiterungen und Verengerungen des Bettes auf selbst geringe Abweichungen des Gefälles schliessen. Der grösste Lavastrom des Aetna, der vom Jahre 1669, hat an einigen Stellen eine Dicke von 100 Fuss und eine Breite von $1^1/_2$ geographischen Meilen. Die beiden aus dem Skaptar Jökul im Jahre 1783 ergossenen Ströme, die nach entgegengesetzter Richtung geflossen sind, zeigen an manchen Stellen eine Mächtigkeit von 600 Fuss, und ihre beiden Endpunkte liegen 20 geographische Meilen von einander, bei einer Breite von drei geographischen Meilen. Man hat aus diesen und ähnlichen Daten berechnet, dass es bis jetzt, in der jetzigen geologischen Epoche, noch keinen Lavastrom gegeben habe, welcher ein Volumen von 1,000,000,000 (einer Milliarde) Cubikmetern erreicht hätte. — Frühere Ergiessungen überschreiten aber diese Grenze weit. Das öde centrale Lavafeld Islands, der Odada Hraun, deckt eine Fläche von 110 geographischen Quadratmeilen.

§. 1168. Die chemischen Processe im Innern der Lavaströme sind um so intensiver, je frischer die Lava ist; wie schon bemerkt, bilden sich überall auf den Lavaströmen Spaltenrisse, aus denen grosse Fumarolen von Wasserdampf hervorbrechen (Fig. 872).

Fig. 872.



Ansicht eines Lavastromes am Vesuv.

Auch diese Erscheinung trägt zu dem wilden Durcheinanderwerfen der Schlacken auf der Oberfläche des Lavastromes bei. Zuweilen wird durch solche Ausbrüche im Lavastrome dieser selbst in der Weise aufgebläht, dass sie eine hohle Säule bildet, aus deren Spitze der Dampf hervorbricht und deren Oberfläche von wild über einander geworfenen Schlackenstöcken und eingeschmolzenen Trümmern gebildet wird, so dass oft höchst bizarre Formen und Gestaltungen erzeugt werden (Fig. 873).

Fig. 873.



Schlackenkegel einer Fumarole auf einem Lavastrome am Vesuv.

Diese chemischen Processe dauern während der Erkaltung der Lava unter steter Abnahme fort. Nach und nach hören dieselben zwar im Allgemeinen auf, erhalten sich aber häufig noch an einzelnen Stellen, die Fumarolen bilden, wenn auch der Lavastrom im Ganzen schon zu einer festen Masse vollständig erkaltet ist. So zeigte der Lavastrom des Vesuv vom Jahre 1858 noch im Jahre 1865 eine Reihe von Fumarolenlöchern, welche heissen Dampf entliessen und deren Ränder mit dicken Krusten von gelber und röthlicher Farbe bedeckt waren.

§. 1169. Ueber die innere Constitntion der Laven berrscben sehr verschiedene Ansicbten, die heute noch nicht vollständig begründet sind nnd deren Extreme sicb wesentlich darauf reduciren lassen, dass die Einen bebaupten, die Laven seien primitiv vollständig gescbmolzen, wie eine Glasmasse, nnd die Krystalle, welcbe sich in ibnen finden, seien erst später entstanden, während die Anderen im Gegentbeile behaupten, alle Krystalle seien präformirt und die Laven seien nur ein Brei, der durch die Gegenwart von überbitztem Wasser fliesse. Die Wabrbeit scheint in der Mitte zn liegen.

Die Untersuchung mit blossem Ange lässt in den Obsidianen reine dnrcbsicbtige Glasflüsse mit muschligem Brucbe nnd durchsicbtigen Rändern erkennen, deren Znsammensetzung derjenigen der tracbytiscben Laven entspricbt, indem 71 bis 77 Procent Kieselerde mit 10 bis 12 Procent Tbonerde verbunden die Hauptmasse bilden, wozu noch Eisenoxyd, Kali, Natron, Magnesia nnd Kalk in wechselnden Mengen kommen. Die mikroskopiscbe Untersucbung lässt in diesen Glasflüssen meist keine oder nur solche krystalliniscbe Absonderungen erkennen, wie sicb ancb in künstlich dargestellten Gläsern bei dem Erkalten bilden. Die Bimssteine sind, ibrer Zusammensetznng und Strnctnr nach, scbaumig anfgeblasene Obsidiane. Man bat dagegen eingcwendet, dass viele Vulcane Obsidiane obne Bimssteine, andere Bimssteine obne Obsidiane geliefert baben — es hängt dies offenbar von der Menge der Dämpfe und Gase sowie von der mebr oder minder vollständigen Vermengnng der Massen mit denselben ab. Jedenfalls kann aber nicht geläugnet werden, dass viele Vnlcane wirkliche durcbaus geschmolzene reine Glasflüsse geliefert haben, in welchen sogar znweilen sich ähnliche Erscheinnngen der Entglasung finden, wie in künstlich erzeugten Massen.

§. 1170. Hinsichtlich der gcwöhnlichen Laven hat man, der Untersncbnng mit blossem Ange oder mit der Lnpe nach, besonders stcinartige nnd krystalliniscbe Laven unterschieden; allein zwischen diesen nnd den glasigen cxistiren mannigfache Uebergänge, die man dahin zusammenfassen kann, dass die Glasmassc stets geringer, die Krystallhänfungen stets grösser werden, bis endlich in seltenen Fällen die Laven nur ans unverbundenen Krystallhaufen bestehen. Stoppani fasst diesen letztern Zustand als den primitiven auf nnd gelangt zu folgenden Schlüssen: dic älteren und neucren vulcanischen Gesteine sind nicht geschmolzene Substanzen, sondern bilden krystallinische Wasserbreie, welche in diesem Zustande von dem Vulcane ausgcworfen wnrden; die Krystallisation der Laven findet im Innern der Erde unter bedeutendem Drucke und der Einwirkung überhitzten Wassers Statt, wodurch die successive Bildnng und das Nebeneinanderbesteben von Mineralien ermöglicbt wird, die verscbiedenen Schmelzpunkt haben und auf trocknem Wege nicbt zusammen vorkommen könnten; die Beweglichkeit

der Laven wird durch die Gegenwart von Wasserdampf und von Wasser in sphäroidalem Zustand im Innern der Laven selbst bedingt; die Elemente, welche die Laven zusammensetzen, unterliegen der mechanischen und physikalischen Wirkung der Ströme und verhalten sich wie geschmolzene Massen; die Schmelzung und Verglasung, welche sich ausnahmsweise in älteren und neueren Laven findet, ist eine äusserliche Erscheinung, die erst nach dem Ergusse der Laven Platz greift und die einfache, nothwendige Folge des Wasserverlustes ist, während die Temperatur hoch genug bleibt, um die Laven theilweise oder ganz zu schmelzen.

Diesen extremen Behauptungen Stoppani's gegenüber dürften §. 1171. die auf mikroskopische und chemische Untersuchung der Vesuvlaven gestützten Schlüsse von Fuchs um so mehr Geltung haben, als sie auch namentlich durch die mikroskopische Untersuchung anderer Laven bestätigt werden. Sie lauten, allgemein gefasst, folgendermassen: die chemische Zusammensetzung der Laven ist von der mineralogischen unabhängig. Während letztere sehr verschieden sein kann, ist erstere fast durchaus die gleiche in den Laven eines und desselben Vulcans. Die ursprüngliche Lavamasse ist uns unbekannt. Was wir untersuchen ist zwar die ursprüngliche, aber von dem Ergusse bis zur Erstarrung durch chemische Processe mehr oder minder veränderte Lavamasse. Diese Processe äussern ihre Wirkung theils auf die verschiedene Gruppirung der Stoffe und die Bildung verschiedener Mineralien aus derselben Masse, theils aber auch auf die Veränderung der Substanz der Lava. Die grösseren Krystalle (Augit, Leucit in den Vesuvlaven) sind wohl alle schon vor dem Erguss der Lava vorhanden gewesen und durch die Einwirkung der glühenden Lavamasse verändert worden. Die mikroskopischen Mineralien der Grundmasse zeigen zum Theil ebenfalls solche Veränderungen wie die grossen Krystalle, zum Theil scheinen sie vollständig neu und frisch. Ihre Entstehung fällt demnach zum Theil in eine frühere Periode, zum Theil in die letzte Zeit der Lavabildung. Die Temperatur der Lava ist zur Zeit ihres Ergusses nicht hoch genug, um die ausgebildeten Krystalle (Leucit etc.) zu schmelzen; dieselben sind nur angeschmolzen. Die Mineralien entstehen nicht in bestimmter Reihenfolge — ein und dasselbe Mineral kann sich in sehr früher oder sehr später Periode des Ergusses bilden. Ausser den mineralischen Bestandtheilen kommt in den meisten Laven noch amorphe Glasmasse vor, bald mehr, bald weniger reichlich, gewöhnlich an der äussersten Oberfläche der Ströme am meisten vorherrschend. Beim Erguss bestehen die Laven aus einem Gemenge von geschmolzener Masse und von Krystallen oder Krystallbruchstücken.

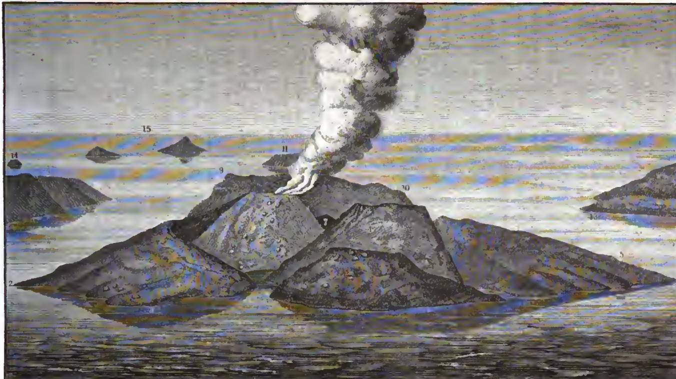
Hält man diese verschiedenen Schlüsse einander gegenüber, so er- §. 1172. giebt sich als Resultat, dass uns die experimentellen Nachweise fehlen,

um die Beobachtungen über die Natur, Bildung und Structur der Laven vollständig deuten zu können. Wir können uns kaum denken, dass im Innern der Erde Haufwerke von Leucit, Augit und anderen Krystallen existiren sollten, die durch überhitztes Wasser plötzlich in Bewegung gerathen; wir können ebenso wenig glauben, dass der Zustand des Glasflusses der primitive sein könne. Wir haben durchaus keine experimentellen Anhaltspunkte über das gegenseitige Verhalten von Mineralmassen, die entweder eine trachytische oder basaltische Zusammensetzung haben, also in jedem Falle sehr complicirte Silicate darstellen und bei bedeutender Hitze und hohem Drucke mit Wasser zusammentreffen, das Säuren, Chlorverbindungen u. s. w. enthält und wo die Einwirkung dieser Stoffe offenbar lange Zeiträume hindurch fortdauert. Wenn die Bildung der grossen Krystalle in dieser Masse vor sich geht und diese eben bei der langen Einwirkung gross werden, so lässt sich nicht absehen, warum während des Ausbruches selbst die Krystallbildung nicht fortdauern und bei der Kürze der Zeit kleinere Producte liefern soll; wenn eine theilweise Schmelzung der Masse während des Ausbruches statt hat, so ist wieder nicht einzusehen, warum sie nicht vorher, im Innern des vulcanischen Heerdes auch statthaben soll. Die so verschiedene und mannigfaltige mineralogische Zusammensetzung der historischen Vesuvlaven, die gewöhnlich aus 7 bis 8 Species bestehen (nach Fuchs), wozu noch 4 bis 5 andere seltener vorkommende, sich anreihen, beweist schon an und für sich, dass bei der combinirten Einwirkung so mannigfach zusammengesetzter Massen, in welchen mehr als ein Dutzend chemischer Elemente spielen, eine Menge von Nebenumständen wirken müssen, in Folge deren diese Elemente sich bald in dieser, bald in jener Weise gruppiren, eine bald grössere, bald geringere verhältnissmässige Menge von Dampf, Krystallen und Glasfluss gebildet wird.

---

§. 1173. Eine ganz eigenthümliche Gruppe von Vulcanen bilden diejenigen Kegel oder Kuppen, welche nie einen Krater besessen haben, auch keinen erhalten, sondern nur aus verschiedenen Rissen und Spalten die Producte der vulcanischen Thätigkeit entleeren. Man könnte sie Domvulcane nennen und zwei Unterarten derselben unterscheiden, wovon die eine durch viele Vulcane der Anden in Südamerika repräsentirt wird. Nach Humboldt ist der Antisana der einzige Vulcan in Quito, welcher einen Lavastrom erkennen lässt, alle anderen haben nur ungeheure Aschen- und Schlammmassen geliefert. Viele dieser Berge haben gar keinen Krater — bei der Eruption dringen die Aschenmassen aus allen Ritzen und Spalten hervor, und der Berg selbst scheint aus losen Blöcken aufgehäuft, wie eine schwammige, von Klüften durch-

Fig. 874.



Vulcan Georgios im Busen von Santorin. Ansicht der Gruppe des Kaimeni von der Stadt Fira.

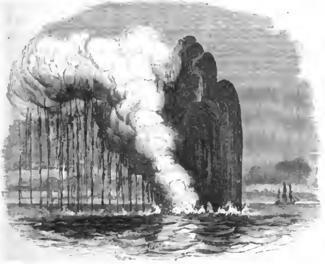
1. Georgios. 2, 3. Fumarolen. 4, 5. Neo-Kaimeni. 6. Ruinen von Häusern. 7. Aphroessa. 8. Mikra-Kaimeni. 9, 10. Palaeo-Kaimeni. 11. Aspronisi. 12. Vorgebirge von Santorin. 13. Vorgebirge Tripilo von Therasia. 14. Insel Mermingas. 15. Christiana-Inseln.

zogene Masse. Gerade bei diesen Schwammdomen kommen häufig Einstürze vor, wovon der Cargnairazo und der Capac-Urcu Beispiele lieferten. Für die aus solid werdender, zähflüssiger Lava aufgebauten kraterlosen Kegel, welche man Lavadome nennen könnte, bietet der neuentstandene Vulcan Georgios auf Santorin das beste Beispiel. Der Kegel ist aus zäher Lava allmälig aufgequollen; Dampf, Flammen, Aschen- und Steinregen brachen aus Spalten der erstarrenden Kruste hervor, welche bei Nacht in der Tiefe die glühende Lavamasse erkennen lassen. Seebach bemerkt ganz richtig: nicht nur der Vesuv und Aetna, der Coseguina und Tomboro sind Vulcane, sondern auch jene Kegel müssen hierher gerechnet werden, die in ihrem Innern nur aus einer gleichartigen Masse bestehen und die bei nur wenig ausbrechenden Gasen auch keinen dauernd geöffneten Schlund besitzen. Die Kaimeni-Inseln gehören zu den homogenen Vulcanen, die ihre Entstehung dem massigen Erguss einer sehr zähflüssigen, dem Gasdurchbruche widerstehenden Lava verdanken. Wir werden den Ausbruch bei Gelegenheit von Santorin selbst näher betrachten, glauben aber allerdings, dass Seebach Recht hat, wenn er in diesen Lavadomen den Typus derjenigen vulcanischen Erscheinungen der Vorwelt sucht, welche die Basalt- und Trachytkegel geliefert haben.

§. 1174. Untermeerische Ausbrüche sind im Ganzen nur selten beobachtet worden, bieten aber einige Verschiedenheiten von denjenigen an freier Luft dar. Im Jahre 1811 entstand in der Nähe von St. Michael auf den Azoren unter Ausbrüchen, die ein Getöse verursachten wie heftiges Kanonenfeuer, eine neue Insel von etwa 100 Meter Höhe und einer halben Stunde im Umkreis. Die beifolgende Skizze (Fig. 875) giebt eine in damaliger Zeit gefertigte Abbildung dieses Ausbruches, in der man sehr wohl die weissen Dampfmassen von der Aschensäule unterscheidet, die fast bis zu 300 Meter Höhe anstieg und unter furchtbarem Geprassel in das Meer zurückfiel, während zugleich in der Dampfwolke die heftigsten Gewitter statthatten. Am genauesten wurde der Ausbruch der Insel Ferdinandea oder Julia an der Ostküste von Sicilien, im Juli 1831 beobachtet, und kann daher als Beispiel einer solchen Entstehung dienen. Der Entstehung der Insel gingen Erdstösse und Erschütterungen während vier Tagen voraus, mit lebhaftem unterirdischem Donner; das Wasser wurde heiss, eine Unzahl todter und betäubter Fische trieb an der ganzen Ostküste von Sicilien, besonders bei Sciacca, an das Ufer. Endlich sah man mitten im Meere in einer Entfernung von etwa 12 Stunden von Sciacca und zwar auf einer Linie, die von den vulcanischen Gebilden dieser Gegend nach der ebenfalls vulcanischen Insel Pantellaria gezogen würde, leichte weisse Rauchwolken erscheinen, die allmälig dichter und dichter wurden und endlich im Innern eine Aschengarbe zeigten, die bei Tage

schwarz, bei Nacht leuchtend war. Nach der Beschreibung von F. Hoffmann stiegen ununterbrochen weisse, Baumwollkugeln ähn-

Fig. 875.



Entstehung der Insel Sabrina bei St. Michael.

liche, geballte Dämpfe auf, zwischen welchen dunkle Aschenraketen blitzschnell hindurchfuhren. Die Ausbrüche erfolgten stossweise und einige Zeit nach der Erscheinung der Aschengarbe erhob sich endlich die Insel, welche allmälig zu einem fast kreisrunden Hügel anschwoll, der ungleich hohe Ränder hatte, indem auf der nördlichen Seite die Höhe etwa 200, auf der südlichen nur 30 bis 40 Fuss betrug. Die Insel selbst hatte Ende September einen Umfang von 700 Metern; der innere Krater war mit fast kochendem, durch Eisenchlorid gelb gefärbtem Wasser angefüllt; die Insel bestand aus einer losen Aufschüttung pulveriger Massen und unzusammenhängender Schlackenfragmente, die bis zu 2 Fuss Volumen erreichten. Das Meer hat allmälig diese losen Massen unterwühlt, weggespült, und Ende November 1831 war die Insel dem Wasserspiegel gleich; Ende December war die Tiefe an der Stelle 24 Klafter und später war das Meer dort ebenso tief als anderwärts. Es zeigt sich aus diesem schnellen Verschwinden, sowie aus der Art der Zusammensetzung ein grosser Unterschied mit den vulcanischen Centralkernen der Inselgruppe von Santorin, die ebenso fest dem Spiel der Wogen widerstehen, als alle anderen compacten Felsarten, eben weil sie nicht, wie die Insel Ferdinandea und mehre ihres Gleichen, aus losen Auswürflingen aufgeschüttet sind.

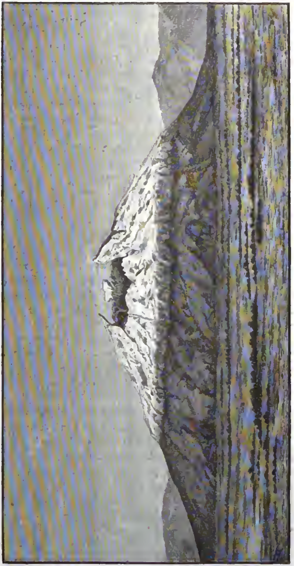
Eine der furchtbarsten untermeerischen Eruptionen war die der

Kolumbobank, drei Meilen nordwestlich von Santorin, im Jahre 1650. Furchtbare Erdbeben erschütterten die umliegenden Inseln, die Meereswellen stiegen selbst in dem fernen Kreta zu nie gesehener Höhe; unter entsetzlichen Detonationen wurden gewaltige Steinmassen eine Seemeile weit, Asche in grosser Masse bis nach Kleinasien geschleudert; mephitische Gase tödteten auf Santorin Thiere und Menschen, aber eine Insel wurde nicht gebildet, sondern nur eine untermeerische Bank, über welcher etwa 10 Klafter Wasser stehen.

§. 1175. Die untermeerischen, lose Auswürflinge hervorbringenden Ausbrüche sind für die Bildung der **vulcanischen Tuffe** besonders wichtig. In der That werden alle diese losen Bildungen sehr bald von dem Meere weggefegt und auf dem Grunde desselben abgesetzt, wo sie sich unter dem Einflusse des Wassers schichten und nach ihrer Auslaugung einen vortrefflichen Boden für das Leben von Meeresthieren abgeben. Indessen sind es nicht nur die Producte der untermeerischen, sondern auch die Auswürflinge der an freier Luft arbeitenden Vulcane, welche bei der allgemeinen Näherung der Vulcane an das Meer das Material solcher Tuffe liefern, und andererseits schichten sich dieselben nicht nur im Meere, sondern auch in Süsswasserbecken, und wenn auch die Wasserbedeckung bei der Bildung der meisten Tuffe die bedeutendste Rolle gespielt hat, so unterliegt es keinem Zweifel, dass manche derselben nur dadurch entstanden sind, dass bedeutende, auf dem Lande liegende Massen von Auswürflingen durch die durchsickernden atmosphärischen Wasser in ganz ähnlicher Weise umgewandelt, geschichtet und gekittet wurden. Es ist klar, dass die Tuffe in Hinsicht der Grösse ihrer Fragmente, wie hinsichtlich ihrer Zusammensetzung ebenso wechselvoll auftreten, als die Auswürflinge selbst, so dass man von groben Conglomeraten bis zu homogenen, aus feinster Asche entstandenen, von harten, lavaähnlichen bis zu höchst weichen, fast thonigen Gesteinen alle erdenklichen Uebergänge findet. Von den gewöhnlichen, meist schmutzig weissen, erdigen und mit Krystallen gemengten Tuffen, die häufig durch eingesickerten Kalk gekittet sind, unterscheidet man den **Peperin**, der, aschgrau und zerreiblich, eine solche Menge von Krystallen enthält, dass er oft als grobkrystallinisches Gestein erscheint, den **Palagonit**, eine amorphe, gelbe Masse, die verhärtetem Geigenharz ähnlich sieht und in Seljadal in Island am schönsten entwickelt ist, und den **Trass** oder **Duckstein**, erdige, weiche, bimssteinähnliche Massen, die schon von den Römern zur Verfertigung von Cäment benutzt wurden und besonders am Rhein, in Italien und auf Santorin ausgebeutet werden. — Sehr häufig enthalten die Tuffe Versteinerungen von Meer-, Süsswasser- und Landorganismen, und sie bilden in der That einen Uebergang zu den geschichteten Gesteinen, indem ihr Material zwar vulcanisch, ihr Verhalten aber dasjenige von Sedimentgesteinen ist.

Wenn von den Bildungen, die durch die Vulcane auf der Ober- §. 1176.
fläche angehäuft werden, die Rede ist, dürfen verschiedene Einsenkungs- und Einsturz-Erscheinungen nicht vergessen werden, die keine unbedeutende Rolle spielen.

Fig. 876.



El Altar.

Es ist an und für sich klar, dass bei jedem Ausbruche im Innern der Erde ein leerer Raum hergestellt werden muss, dessen Ausdehnung wenigstens dem Volumen entsprechen muss, welches die ausgestossenen Massen in geschmolzenem Zustande haben würden. Bei weiter Ausdehnung und Verzweigung der entstehenden Hohlräume werden dieselben entweder von den Erdschichten gewölbartig überspannt oder die durch sie bedingten Senkungen auf der Oberfläche kaum merklich sein; wohl aber werden dieselben in die Erscheinung treten, sobald sie auf eine kleinere Strecke concentrirt bleiben. In der That hat man häufig bei Ausbrüchen in der Nähe der Vulcane mehr oder minder bedeutende Senkungen constatiren können, die den Ausbrüchen unmittelbar vorausgingen oder nachfolgten. Eines der besten Beispiele bietet die Geschichte von Santorin. Auf der Kaimeni bestand ein Fischerdorf mit Badeanstalt und Hafenanlage. Ende Januar öffnete sich eine Spalte, die ganze Niederlassung sank langsam unter das Meer — am 1. Februar erschien der erste Lavablock des Ausbruches auf der Oberfläche.

Verschieden hiervon sind die **Einstürze** von hohlen Vulcanen, Kratern und Aschenkegeln, die oft unmittelbar bei dem Ausbruche, zuweilen aber lange nachher erfolgen. Das hohle Gerüste, aus welchem Lava ausfloss oder Asche ausgestossen wurde, stürzt wie ein ausgeblasener Hochofen zusammen und bildet eine oft ungeheure centrale Höhlung, um welche herum die Basis des Kegels mit zackigen Rändern und senkrechten, durch den Abbruch der Lavaschichten gebildeten, nach der innern Höhlung zugewendeten Abstürzen sich zeigt. Der Capac-Urcu in Quito, auch El Altar genannt, von dem wir in Fig. 876 (a. v. S.) eine Abbildung nach **Humboldt** geben, bietet neben dem nicht fernen Carguairazo ein deutliches Beispiel solcher Bildung. Der Tradition der Indianer zufolge war dieser Berg höher als der Chimborasso, stürzte aber bei Gelegenheit eines Ausbruches zusammen, so dass er nun einen zackig abgestutzten Hohlkegel von ungeheuren Dimensionen und 16380 Fuss Höhe bildet. Es giebt diese Erscheinung einen Schlüssel zu den so häufig vorkommenden sogenannten Erhebungskratern.

§. 1177. Eine ganz eigenthümliche Modification der vulcanischen Thätigkeit zeigt sich in denjenigen Gegenden, wo **Schlammvulcane** oder **Salsen** existiren. Die meisten dieser Schlammvulcane bilden eine kraterähnliche Vertiefung mit kegelförmigen, vielfach wechselnden kleinen Erhöhungen darin, welche Schlamm ausspeien, der durch Gase emporgetrieben wird. Die Temperatur ist dabei meistens nicht wesentlich erhöht, der Schlamm ist gewöhnlich graulicher, nach Steinöl riechender salziger Thon, der in halbflüssigem Zustande ist und ebenso in wechselndem Spiele hervorgetrieben wird, wie die glühende Lava in den eigentlichen Vulcanen. Die Gase, welche diesen flüssigen, mit Salz und Naphtha getränkten Schlamm in die Höhe treiben, sind besonders

Kohlenwasserstoffgas und Kohlensäure, die, wie es scheint, aus der Zersetzung der Naphtha selbst hervorgehen. In Modena, Toscana, sowie bei Parma und Bologna finden sich viele Salsen dieser Art, die aber weit an Bedeutung von der Macaluba, zwei Stunden von Girgenti in Sicilien, übertroffen werden. In diesen letztern kommen zuweilen heftigere Ausbrüche vor, wo der Boden im Umkreise einiger Stunden erschüttert und manchmal eine ungeheure Masse von Schlamm ausgespieen wird, wobei denn auch zuweilen sich grössere Hitze entwickelt. Im Jahre 1831 bestand die Macaluba aus einer wenig erhöhten Thonebene von etwa 118 Meter Länge und 40 Meter Breite, auf welcher wohl 30 etwa einen Fuss hohe Schlammkegel standen, deren jeder auf der Spitze eine kleine trichterförmige Vertiefung trug, welche mit brodelndem Salzwasser erfüllt war und zuweilen etwas flüssigen Schlamm überfliessen liess. Nach St. Claire-Deville war im Jahre 1856, Mitte Juni, die Temperatur des Wassers, das stark auf Chlor und Schwefelsäure reagirte und Salzkrusten absetzte, 20,8 bis 22,2° C., während die Lufttemperatur zwischen 25,5° und 26° C. schwankte. Das Gas brennt leicht mit gelber Flamme und enthält 96,5 bis 99,6 Procent Kohlenwasserstoff mit Stickstoff gemengt und 0,0 bis 1,8 Procent Kohlensäure. Bei grösseren Eruptionen soll sich Rauch entwickeln. Die ausgezeichnetsten Salsen finden sich auf beiden Seiten des Isthmus, zwischen dem Schwarzen und Caspischen Meere, wo sie eine bedeutende geologische Thätigkeit entwickelt haben, indem ihre Anhäufungen nach und nach ein neues Land bildeten, Meeresarme ausfüllten, Seen eindämmten, Flüsse und Golfe absperrten. Einige dieser Schlammvulcane hatten ziemlich bedeutende Eruptionen. Auch im übrigen Kleinasien, in den Molukken, in Südamerika, namentlich auf der Insel Trinidad finden sich solche Schlammvulcane von mehr oder minder bedeutender Grösse. Gewöhnlich sind sie mit Erdölquellen, mit Entwickelung von brennbaren Gasen, sogenannten ewigen Feuern verbunden, die bekanntlich besonders in der Nähe des Caspischen Meeres so auffallend sind. An einigen Orten sammelt sich die Naphtha und das Erdpech in grossen Massen, wie denn z. B. auf der Insel Trinidad ein solcher Erdpechsee existirt, der etwa eine Stunde breit ist und eine Decke von Erdpech zeigt, die in der heissen Jahreszeit zwar weich ist, in der kälteren Zeit dagegen eben so gut trägt, als eine Eisdecke, und aus schwarzem, muscheligem, schwerem, fast glanzlosem Erdpeche besteht. Offenbar verschieden von diesen kalten Schwammvulcanen sind diejenigen heissen Quellen in vulcanischen Gegenden, wie z. B. Island, welche durch Zersetzung der Gesteine zähe Thone bilden, die bald mehr bald minder stürmisch, mit Wasserdampf und Gas gemengt, hervorquellen.

Die allmälige Abnahme der vulcanischen Thätigkeit bedingt §. 1178.
mancherlei eigenthümliche Erscheinungen, deren wir hier in der Kürze

zu gedenken haben. Die erloschenen oder ausgebrannten Vulcane, welche in vielen Ländern sich vorfinden, hatten eine gewisse Eruptionszeit, nach deren Aufhören der Schlot sich allmälig verstopfte und die Communication mit dem Innern insofern aufhörte, als keine festen oder feuerflüssigen Materien mehr ausgestossen wurden, während im Gegentheile die Auswürfe von Gas, Wasserdampf, sowie die Sublimation gewisser Materien noch lange anhalten und fortdauern. Die meisten dieser erloschenen Vulcane bilden sogenannte **Solfataren**, welche im Wesentlichen aus alten Kratern bestehen, in deren Innerm ein beständiger Absatz von Schwefel fortdauert, welcher aus der Zersetzung des Schwefelwasserstoffgases hervorgeht. Die Solfatare bei Neapel bietet eines der bekanntesten Beispiele eines solchen erloschenen Vulcanes dar; — der Boden des rundlichen Kraters ist von unzähligen Spalten durchzogen, aus welchen Wasserdämpfe mit Schwefelwasserstoffgas geschwängert sich entbinden; durch den Zutritt der Luft wird das Schwefelwasserstoffgas, wie es scheint, zersetzt, und der reducirte Schwefel an den Wänden der Spalten abgelagert, und zwar in so grosser Menge, dass er mit Vortheil ausgebeutet werden kann. In diesen mit Schwefelwasserstoff beladenen Dämpfen finden zweierlei chemische Processe statt. Einerseits reducirt sich Schwefel, indem der Wasserstoff allein verbrennt — die condensirten Tropfen des Dampfes enthalten stets höchst fein zertheilten Schwefel. Andererseits findet eine langsame Verbrennung statt, wodurch der Schwefelwasserstoff aber nicht, wie bei gewöhnlicher Verbrennung mit Flamme, schweflige Säure, sondern im Gegentheile Schwefelsäure bildet. Poröse Körper, durch die der Dampf streicht, begünstigen diese Bildung von Schwefelsäure sehr, weshalb denn auch poröse Kalke in Solfataren stets in Gyps umgewandelt werden. Auf diese Schwefelsäurebildung ist die Alaunfabrik der Solfatara von Puzzuoli bei Neapel gegründet, und überall findet man zerfressene und metamorphosirte Gesteine und kann die Bildung des Gypses Schritt für Schritt in der Umgebung solcher Solfataren verfolgen.

Aehnliche Solfataren finden sich an einer Menge anderer Orte, ohne dass die Producte derselben immer die nämlichen blieben, wie denn auch bei den jetztthätigen Vulcanen die ausgeworfenen Substanzen grosse Verschiedenheiten hinsichtlich ihrer Composition zeigen. Die Schwefelgruben der Insel Martinique, St. Vincent, sowie diejenigen des Pics von Teneriffa liefern hauptsächlich nur Schwefel, wie es scheint, mit etwas Salpetersäure gemengt, während in Armenien und Hochasien sich mehre solcher Schwefelgruben finden, in welchen zugleich Ammoniak in bedeutender Quantität entwickelt wird. An vielen Orten ist wahrscheinlich durch die vulcanische Action eine Zersetzung von Braun- oder Steinkohlenlagern in der Tiefe vor sich gegangen, und daraus eine beständige Entwickelung von brennbaren Gasen, namentlich Kohlenwasserstoffgas in verschiedenen Proportionen

erzeugt worden. An den Ufern des Caspischen Meeres und des Baikalsees haben diese beständigen Ausströmungen brennbarer Gase zu dem Glauben der Feueranbeter die unmittelbarste Veranlassung gegeben; und wenn hier die in der Tiefe fortdauernde vulcanische Action die Bildung von Gasen bedingt, so entquillt an anderen Orten die zersetzte, kohlenstoffige Materie dem Boden in der Form von Bergöl, Naphtha und ähnlichen brennbaren Stoffen, welche aus der trockenen Destillation vegetabilischer Producte hervorgehen. An einigen noch jetzt thätigen Vulcanen will man in den ausströmenden Gasen einen deutlichen Geruch nach Naphtha wahrgenommen haben.

In dem Grossherzogthum Toscana finden sich auf dem alten vulcanischen Boden am Fusse der Apenninenkette eigenthümliche Reste vulcanischer Thätigkeit, welche einen Flächenraum von etwa 3 Stunden Durchmesser in der Umgebung von Castel nuovo einnehmen, und aus welchen man die grossen Quantitäten von Borsäure gewinnt, welche von Toscana aus in den Handel gelangen. In dieser Gegend findet sich eine Menge von Spalten, aus welchen heisser, mit Borsäure beladener Wasserdampf hervorbricht, der eine Temperatur von etwa 150 Graden besitzt. An anderen Orten zeigen sich rundliche Vertiefungen und Pfützen mit zelligen Rändern, aus welchen Fumarolen aufsteigen, die ebenfalls Borsäure mitbringen und in dem Wasser aufgelöst zurücklassen. Man hat diese Wasserbehälter, in welchen die Borsäure entweder längs der zelligen Wände krystallisirt oder aber aufgelöst bleibt, **Lagonien**, die heissen Dampfquellen aber **Suffioni** genannt, und letztere sehr glücklich zur Erhitzung der Kessel benutzt, innerhalb welcher man das borsaure Wasser der Lagonien abdampft. Ausser der Borsäure entbindet sich noch in diesen alten Kratern Toscanas eine grosse Menge von Schwefelwasserstoffgas, welches hier und da kleine Krystalldrusen von Schwefel zurücklässt, und mit der Borsäure wird zugleich Gyps und Alaun in geringeren Quantitäten sublimirt. In dem erloschenen Krater von Volcano wird ebenfalls Borsäure, aber mit Realgar verbunden, abgesetzt und der Alaun ist ein sehr gewöhnliches Product aller älteren wie neueren Vulcane. §. 1179.

Bei der grossen Rolle, welche der Wasserdampf in den vulcanischen Phänomenen spielt, kann es wohl nicht auffallen, dass heisse Quellen einer der gewöhnlichsten Reste vulcanischer Thätigkeit sind. — Es wurde schon früher der Geiser auf Island und ihrer nahen Verbindung mit den Vulcanen dieses Landes gedacht. Obgleich ausserordentlich durch die Höhe, bis zu welcher diese kieselhaltigen Dampfquellen emporgetrieben werden, stehen dieselben dennoch insofern nicht vereinzelt da, als in den meisten vulcanischen Gegenden heisse Quellen vorkommen, deren Gehalt an fremdartigen mineralischen Stoffen sie zugleich als Mineralquellen benutzen lässt. §. 1180.

§. 1181. Die letzte Phase der vulcanischen Thätigkeit endlich beschränkt sich einzig auf die **Entbindung von Gasen** ohne Temperaturerhöhung, welche aus den Spalten der Erde stattfindet. In der Umgebung der Eifeler Vulcane, namentlich des Laachersees, findet bloss noch diese Thätigkeit, aber in sehr bedeutendem Maasse statt, so dass an vielen Stellen kleinere Thiere in dem schwereren, zu Boden sinkenden kohlensauren Gas erstickt werden. Das Giftthal auf Java, die Hundsgrotte bei Neapel und mehrere andere Localitäten dieser Art sind zu bekannt, als dass wir bedürften, hier näher darauf einzugehen; so viel kann indessen bemerkt werden, dass dieses Ausströmen kohlensauren Gases nach approximativen Schätzungen weit bedeutendere Quantitäten liefert, als das Athmen sämmtlicher Thiere auf der Erde zusammengenommen.

2. Die thätigen Vulcane. a. Europa.

§. 1182. Das ehemalige Königreich beider Sicilien bietet in der Umgegend von Neapel einerseits und von Catania andererseits die beiden Vulcane der jetzigen Epoche, welche am meisten untersucht wurden, und die wohl als Anhaltspunkte für sämmtliche vulcanische Gebiete gelten können.

Die vulcanischen Gebilde, welchen der Vesuv jetzt als Mittelpunkt dient (s. Fig. 877), bilden in der Umgegend von Neapel eine weite Zone längs dem Meere hin, die nach dem festen Lande zu sehr unregelmässige Grenzen zeigt und am Meeresufer von Castellamare im Süden bis nach Castiglione im Norden sich erstreckt. Ringsum wird diese vulcanische Zone von den geschichteten Gesteinen der Apenninenkette, zu den jurassischen und Kreideformationen gehörig, eingeschlossen, und das Vorgebirge von Sorrento im Süden der Bucht von Neapel bildet einen Ausläufer der Apenninen, wodurch die vulcanischen Gebilde nach Süden begrenzt sind. Der Boden dieser vulcanischen Zone, worauf Neapel und Capua ruhen, wird von einem regelmässig geschichteten Bimssteintuffe gebildet, der mit mergeligen Schichten abwechselt. Der Tuff selbst ist hauptsächlich aus Fragmenten trachytischer Gesteine von grösserem oder geringerem Volumen zusammengesetzt, die durch eine feinere Bindemasse derselben Natur verbunden sind. Er ist meist von strohgelber seltener bläulich-grauer oder brauner Farbe, hat einen erdigen Bruch und nur geringe Härte, ist regelmässig geschichtet und wechsellagert mit Schichten losen Bimssteines, eisenreichen Sandes, sowie mit Lehm und Kalksinter. An einigen Stellen finden sich Rollsteine von Kalk oder festerem Trachyt in den zusammengeklebten Bimssteinmassen; an vielen Orten zeigen sich senkrecht gestellte kaminartige Schlote und Höhlen, welche davon herzu-

Fig. 877.

Karte der Umgegend von Neapel.



Appenninenkalk. Trachyt. Neuere Laven des Vesuv. Aeltere Laven (Leucitophyr) der Somma u. Roccamonfina.

Aelterer Bimssteintuff der Terra di Lavoro. Bimssteintuff der Campagna.

rühren scheinen, dass Gase durch die noch wenig feste Masse hindurch sich entbanden. Diese Tuffe sind theils an freier Luft durch den Wind, theils unter dem Wasser abgesetzt worden, und in diesen untermeerischen Tuffen, die besonders in den phlegräischen Feldern vorkommen, findet man viele Seemuscheln. Die Identität der aufgefundenen Muscheln mit den jetzt im Mittelmeere lebenden scheint zu beweisen, dass die Bildung dieses Bimssteintuffes der jetzigen Schöpfungsepoche angehört.

§. 1183. Aus diesen Tuffschichten erhebt sich, nahe der südlichen Grenze derselben, der Kegelberg des Vesuvs als eine durchaus isolirte Bergmasse, aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen bestehend, nämlich dem eigentlichen Kegel und einem hohen, halbkreisförmigen Gürtel, der Somma, welche den eigentlichen Vesuv umgiebt, nach dem Meere hin aber ihn frei lässt. Die Somma, deren Ausdehnung auf der Karte Fig. 877 durch einen vollkommen weissen Raum angedeutet ist, besteht aus regelmässigen Schichten von meist zwei bis drei Meter Dicke, die nach aussen hin unter einem Winkel von 20 bis 30 Graden einfallen und an dem inneren Halbkreise, dem Kegel gegenüber, einen ungeheuren, steilen, fast senkrechten Absturz bilden. Das Gestein, welches diese Schichten zusammensetzt, ist der Leucitophyr, eine compacte Lava von granitoidischer oder porphyrischer Structur, von grauer Farbe, in welcher Krystalle von Pyroxen und Amphigen eingeschlossen sind. Die Oberflächen dieser Lavaschichten sind oft schlackig, zuweilen selbst verworfen und in die Länge gezogen, so dass noch Spuren des Geflossenseins überbleiben, während die grössere Masse durchaus krystallinisch und granitisch ist. Der höchste Punkt der Somma, die einen fast gleichmässig hohen, scharfen, gekrümmten Kamm bildet, der nach dem Kegel hin senkrecht abstürzt, nach aussen sanfter abfällt, die Punta Nasone, ist von einer 6 Meter dicken Schicht dieses Leucitophyr gebildet. Eine grosse Menge mehr oder minder verzweigter Gänge durchbrechen diese Schichten senkrecht von unten nach oben; — die meisten derselben hören in gewisser Tiefe auf, so dass nur die tieferen Schichten durchbrochen sind und diese Gänge offenbar Spalten darstellen, welche von unten auf durch eingespritzte Lava erfüllt sind. Die Gangmasse, welche sich in diesen Spalten findet, ist meist derselbe Leucitophyr, welcher auch die geschichteten Lavalager bildet, nur in weit compacterem Zustande. Im Allgemeinen ist die Gangmasse um so compacter, je schmaler der Gang ist. Auf dem äusseren Umfange ist die Somma von demselben Bimssteintuff umhüllt, der die Ebene bildet und sich hier bis auf eine gewisse Höhe an den Gehängen der Somma hinaufzieht; — man hat selbst Tuffblöcke bis an dem Rande des inneren Absturzes gefunden, die wohl bei den früheren Ausbrüchen der Somma ausgeworfen wurden.

Der Aschenkegel des Vesuvs ist von der Somma durch ein sichelförmiges Thal, das Atrio del Cavallo, getrennt, das nach Süden und Westen in eine wenig geneigte, terrassenförmige Ebene, le Piane genannt, sich fortsetzt, so dass also der mittlere Aschenkegel, der steile Abfälle von etwa 33 Grad zeigt, auf einer kreisförmigen, wenig geneigten Terrasse sich erhebt. Der Krater, welcher auf der Spitze des oberen steilen Aschenkegels sich befindet, ist eine ovale Höhlung von 750 Metern im grössten Durchmesser, 700 Metern in der kleinen Axe, der auf drei Vierteln seines Umkreises von den senkrecht abstürzenden Wänden des Aschenkegels gebildet ist, während auf einem Viertel seines Umkreises die Wände zerfallen sind. Im Nordwesten erhebt sich die Kraterwand zu ihrer bedeutendsten Höhe und bildet dort die höchste Spitze des Vesuvs, die Punta del Palo, welche 1185 Meter über dem Meere erhaben ist. Der Boden des Kraters besteht aus einer fast horizontalen Ebene mit grossen Unregelmässigkeiten, mit Blöcken von Lava, Schlacken und Aschen bedeckt, von zahlreichen Spalten durchzogen, aus welchen Dampf quillt. In der Mitte dieser Kraterebene zeigt sich der sehr veränderliche Schlund des Kamines, der mit jeder Eruption sein Ansehen wechselt, heute einen Kegel, morgen einen trichterförmigen Schlund darstellt, je nach den besonderen Verhältnissen des Ausbruches. Die Seiten des Kegels sind rundum von Aschen- und Schlackenmassen überschüttet; die Lavaströme sind entweder auf der freien Seite des Kegels nach dem Meere hin geflossen, oder sie haben sich in dem Atrio del Cavallo gesammelt. §. 1184.

Betrachtet man demnach die Bildung des Vesuvs im Ganzen, so zeigt sich derselbe aus folgenden Theilen zusammengesetzt (Fig. 878): §. 1185.

Fig. 878.



Durchschnitt des Vesuvs von Süd nach Nord.

a Somma. *b* Atrio del Cavallo. *c* Punta del Palo. *d* Ausbruchskegel. *f* Camalduoli. *g* Torre del Annunciata. *m m* Meeresspiegel.
1 Bimssteintuff der Ebene. 2 Leucitophyr der Somma. 3 Jetzige Auswürflinge.

1. Aus dem Tuff der Ebene (1), welcher an den Wänden der Somma hinanfzieht und auch auf der entgegengesetzten Seite überall hervortritt, wo er nicht von Lavaströmen und Aschenmassen überdeckt ist.

2. Aus dem Leucitophyr der Somma (2), die einen Halbkreis bildet, während auf der Seite nach dem Meere zu offenbar die Schichten

ebenfalls in der Tiefe vorhanden sind. Die Somma würde demnach, hergestellt, einen oben abgestutzten, offenen Kegel darstellen, mit mittlerer Höhlung, welcher senkrecht durch seine Axe gespalten ist und dessen eine Hälfte, die Somma, in ihrer Höhe sich erhalten hat, während die andere Hälfte in die Tiefe gesunken ist. Diese Zusammensetzung des Kegels aus zwei halben Drehungsoberflächen, die nicht in gleicher Höhe stehen, ergiebt sich auf den ersten Blick aus dem Ausehen der bei dem Salvatore befindlichen Wände der Somma. Hier steht die Wand der Somma senkrecht abgeschnitten in einer Höhe von mehren hundert Metern da, das Gefälle der Schichten nach aussen zeigend, so dass man unwillkürlich die andere Hälfte des Halbkreises sucht, welche fehlt.

3. Aus den neueren Producten (3), welche den inneren Schlot füllen, den Aschenkegel aufschütteten und über die Gehänge, besonders nach dem Meere hin, wie eine Art von Mantel sich ausgebreitet haben.

§. 1186. Berücksichtigt man die Aufeinanderfolge, in welcher diese verschiedenen Gebilde sich erzeugt und ihre jetzige Stellung eingenommen haben, so ergiebt sich zuerst aus der Art der Zusammensetzung der Leucitophyrlaven an der Somma, dass diese die Reste eines gewaltigen ringförmigen Kraters darstellen, dessen Mitte eingestürzt ist, ähnlich wie der schon erwähnte El Altar oder die später zu beschreibende Insel Palma. Dieser breite Kegel wurde nach und nach durch neue Ausbrüche von Lava und Schlacken erhöht, lieferte wahrscheinlich einen grossen Theil der Tuffmassen der Umgegend und stürzte in der Mitte ein, so dass er einen Kegelberg mit innern Kreiskessel darstellte, in welchem dann der jetzige Kegel später aufstieg. Für diese erste Periode der Bildung hat man keinen geschichtlichen Nachweis, wohl aber für die Bildung des jetzigen Kegels, die wahrscheinlich im Jahre 79 vor Christo bei dem berühmten Ausbruche, der Herculanum und Pompeji verschüttete und dem älteren Plinius das Leben kostete, zu Stande kam und dem Vesuv annähernd seine jetzige Gestalt, wie Fig. 879 sie zeigt, gab.

Fig. 879.



Der Vesuv in seiner jetzigen Gestalt.

Fig. 880.



Der Vesuv zur Zeit Strabo's.

§. 1187. In der That scheint zur Zeit Strabo's, nach der Beschreibung dieses Geographen, der Vesuv einen oben abgeplatteten oder ausgehöhlten Kegel (Fig. 880) gebildet zu haben und die Geräumigkeit des inneren Raumes so gross gewesen zu sein, dass man dort weidete und

selbst Spartacus sein Sclavenheer dort einige Zeit lang versammeln konnte. Die Römer, welche aus der Bekanntschaft mit dem Aetna und Stromboli die Vulcane wohl kannten, hatten keine Ahnung davon, dass der Vesuv ein feuerspeiender Berg sein könne, und um so mehr musste sie der furchtbare Ausbruch von 79 nach Christo überraschen. Nach den Beschreibungen des jüngern Plinius war die Aschenwolke von einer ungeheuren Grösse und der Aschenregen furchtbar. Es scheint jetzt festgestellt, dass bei dieser Eruption Pompeji, Herculanum und Stabiä zugleich verschüttet wurden. Man hat lange gestritten, in welcher Art dies geschehen sei, zumal da Plinius nicht von dieser Verschüttung spricht. Was Pompeji betrifft, so sind dort die Häuser alle bis auf das unterste Stockwerk abgetragen, wie rasirt, und durch eine schlammige Bimssteinmasse Alles erfüllt. Diese Masse ist überall, selbst durch die feineren Oeffnungen, eingedrungen, die tiefsten Keller sind damit erfüllt, die Häuser förmlich ausgegossen wie mit flüssiger Masse, die überall das Relief der Gegenstände wiedergiebt, welche sie umhüllt. Es ist demnach mehr als wahrscheinlich, dass diese Masse nicht in Form feiner trockener Asche als Regen fiel, sondern im Gegentheile als Schlamm, mit Wasser gemengt, eindrang, indem sie sonst nicht überall in dieser Art eingedrungen wäre. Die Massen, welche die verschütteten Städte decken, sind durchaus keine Laven, sondern im Gegentheile Schichten von Bimssteintuff, durchaus denjenigen ähnlich, welche den Boden der Campagna von Neapel und den Mantel des Vesuvs bilden. Bei Pompeji erreichen diese Schichten eine Mächtigkeit von 20 und mehr Fuss, bei Herculanum an einzelnen Stellen bis zu 112 Fuss. Die Aschenmassen, welche der Vesuv jetzt auswirft, bieten gar keine Aehnlichkeit mit diesen Bimssteintuffen dar; sie haben nicht das faserige Aussehen der Bimssteinfragmente, sind krystallinisch und glasig glänzend, während die Tuffe erdig sind. Die römischen Städte wurden demnach weder durch Lavaströme noch durch Aschenregen, sondern durch Schlammströme und Tuffmassen verschüttet, welche vor dem Ausbruche die Gehänge des Berges auf der Meeresseite umkleideten, so wie sie jetzt noch an der Basis der Somma einen Gürtel bilden.

Die Aufschüttung des jetzigen mittlern Kegels mit der Punta del Palo scheint das Resultat jenes ungeheuren Ausbruches gewesen zu sein, wenn auch auf der andern Seite es wahrscheinlich ist, dass der Kegel sich erst nach und nach zu seiner jetzigen Höhe erhoben hat. Die Punta del Palo hat jetzt 71 Meter mehr, als die Somma, und alle Zeichnungen und Gemälde drücken diesen Unterschied sehr wohl aus. Im Museum von Neapel befinden sich aber zwei Gemälde aus der Zeit des Masaniello (1647), in welchen der Gipfel des Vesuvs bedeutend niedriger erscheint als die Somma, und da man wohl annehmen darf, dass der Maler die Form eines Berges, den die Bewohner

Neapels täglich vor Augen haben, nicht verunstalten konnte, so scheint daraus hervorzugehen, dass vor 200 Jahren der Kegel des Vesuvs noch nicht die Höhe der Somma erreicht hatte.

§. 1188. Von den Jahren 1200 etwa bis 1600 war der Vesuv wahrscheinlich ganz unthätig; der Krater hatte sich geschlossen, seine innere Ebene war mit Vegetation, Gras und Gestrüpp bedeckt und diente zu Schafweiden. Auf der Kraterebene selbst zeigten sich nur als Reste des vulcanischen Schlundes einige Tümpel mit warmem Wasser gefüllt, das salzig oder sauer war. Im Jahre 1631 aber geschah wieder einer der grössten bekannten Ausbrüche des Vesuvs; die Kraterdecke ward in die Luft geschleudert und der neu eröffnete Schlund hat sich seit dieser Zeit nicht wieder geschlossen.

Die Laven, welche von dem Vesuv ausgespieen wurden, sind meist aus dem Krater hervorgebrochen und haben erst in der Nähe des Meeres, auf den sanften Gehängen, die den Strand bilden, eine grössere Mächtigkeit erreicht, während an den stärkeren Böschungen des Kegels nur Schlacken und unzusammenhängende Cheires zurückblieben. An einigen Punkten, wie bei Torre del Greco, wo der Strom von 1794, der die Stadt theilweise zerstörte, das Meer erreichte, finden sich sehr schöne Säulenreihen, welche die Lava beim Erkalten bildete, ganz denen des Basaltes ähnlich. An einigen Orten haben diese Lavensäulen noch schiefrige Quertheilung und werden als Platten zu dem Strassenpflaster von Neapel benutzt. Die Eisenbahn von Neapel nach Castellamare durchschneidet jetzt den prismatischen Lavastrom, so dass man dessen Structur sehr wohl auf dem Durchschnitte beobachten kann.

§. 1189. Die phlegräischen Felder in der Nähe von Neapel bieten hinsichtlich der vulcanischen Erscheinungen eine sehr merkwürdige Stufe dar, deren Untersuchung um so interessanter ist, als sie auf demselben Boden thätig war, aus welchem der jetzt permanent thätige Vesuv sich erhoben hat. Der Boden dieser schon aus dem Alterthume her berühmten Gefilde wird von Bimssteintuff gebildet, welcher an vielen Stellen eine Mächtigkeit von 300 Metern erreicht und auch die benachbarten Inseln Procida und Ischia bildet. Eine Menge alter Krater sind theils vollständig erhalten (Astroni, Solfatara, Cigliano, Campiglione), theils mehr oder minder zerfallen (Lago d'Agnano, d'Arverno, Pianura), aber alle aus Tuff aufgeschichtet. Im Krater des Astroni finden sich feste Trachytmassen, die wahrscheinlich den Schlot ausfüllen. Trachytgänge sind nicht selten. Eine der merkwürdigsten Erscheinungen war der Ausbruch des Monte Nuovo in der Gegend von Pozzuoli, welcher im Jahre 1538 statthatte. Der kegelförmige Berg, welcher diesen Namen trägt, hat 180 Meter Höhe und besteht auf

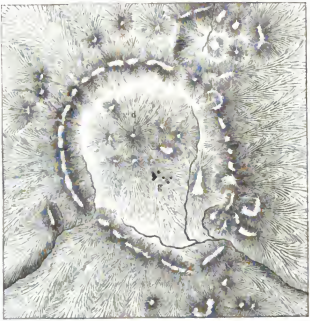
seiner gegen Puzzuoli gerichteten Seite aus unzusammenhängenden Aschen- und Schlackentrümmern, welche offenbar ein Resultat der Aufschüttung sind. An der Westseite ist ein kleiner Lavastrom an der Basis ausgebrochen, der aber kaum einige Schritte Länge und Breite hat. Ein rundlicher Krater befindet sich hinter der nach Puzzuoli gewendeten Seite und beim Hinabsteigen in diesen Krater sieht man deutlich, dass seine Wände von Bimssteinschichten gebildet sind, welche nach allen Seiten hin, von dem Krater aus, nach aussen fallen. In diesen um den Mittelpunkt des Kraters herum aufgerichteten Bimssteinschichten findet man eine grosse Menge von Seemuscheln, ganz dieselben Arten, welche auch in den horizontalen Schichten des Bimssteintuffes der neapolitanischen Ebene gefunden werden. Die Entstehung des Monte Nuovo ist demnach aus diesen Ergebnissen seiner geologischen Untersuchung offenbar auf diese Weise aufzufassen, dass vor seiner Entstehung die Gegend eine Ebene von Bimssteintuff bildete, der in seinem Verhalten sich durchaus nicht von demjenigen Tuffe unterschied, welcher noch jetzt die neapolitanische Ebene bildet; dass dieser Tuff bei dem Ausbruche gesprengt und um den Krater aufgeschüttet wurde. Augenzeugen, welche uns die Beschreibung des Ausbruches hinterlassen haben, erzählen, dass der Boden sich zuerst an der Stelle des Ausbruches um etwa 12 Fuss senkte, dann sich aufblähte und dann das Feuer hervorbrach, wobei ungeheure Aschenmassen ausgeworfen wurden.

Die Inseln Ischia und Procida, welche in dem Golfe von Neapel §. 1190.
liegen, sind zum grossen Theile aus demselben Tuffe zusammengesetzt, welcher die phlegräischen Felder bildet. Auf Procida bilden diese Tuffmassen Schichten, zwischen welchen an einzelnen Stellen Trachyt hervortritt. Auf Ischia steigen die Tuffschichten in dem Epomeo, der einen halbkreisförmigen, nach Südosten geöffneten Wall darstellt, bis zu 868 Meter über die Meeresfläche empor. Zwischen und über den Tuffen lagern an vielen Stellen Mergel mit heutigen Seemuscheln; Trachyt zeigt sich in Form von Kuppen und Gängen an vielen Stellen, besonders im Norden, wo auch die Krater des Monte Rotaro und Montagnone von ihm gebildet werden. An der östlichen Küste findet sich ein höchst eigenthümlicher Lavastrom, welchen man den Arso nennt und der grosse Krystalle glasigen Feldspathes einschliesst. Bei dem Ausbruche dieses Lavastromes im Jahre 1301 wurde das ganze Eiland verwüstet. Die schwarze, noch heute unfruchtbare Lava brach aus einer Spalte hervor, die nur durch einen elliptischen Schlackenrand bezeichnet ist. Viele heisse Quellen deuten auf fortdauernde Thätigkeit im Innern.

In nordwestlicher Richtung von Neapel findet sich, wie die S. 257 §. 1191.
gegebene Karte zeigt, inmitten der für älter angesehenen Tuffmassen

der Terra di Lavoro, der Vulcan von Rocca Monfina. Er wird, wie die Karte zeigt, aus einem kegelförmig aufsteigenden Berge gebildet, der nach inneu hin einen weiten Krater mit kreisförmigem Kamme bildet, in dessen Mitte sich ein domförmiger Hügel, der Monte Santa Croce, befindet, welcher eine Höhe von 1006 Meter über der Meeresfläche erreicht (Fig. 881). Der ganze Berg hat eiue Basis von etwa 50 Meilen im Umkreise; die Wände des äusseren, mantelartigen Beleges steigen nuter einem Winkel vou höchsteus 18 Gradeu zum Kamme

Fig. 881.

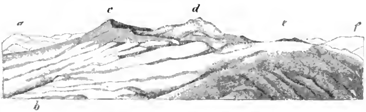


Karte des Vulcans von Roccamonfina.
g Roccamonfina. *c* Monte Cortinella. *d* Monte Santa Croce.

hinan, der den Namen des Monte delle Cortinelle trägt. Der Krater selbst ist elliptisch, seiuc längste Axe von Südosten nach Nordwesten gerichtet. In Nordwesten ist der Gürtel der Cortinelle vollständig, zusammenhängend, wie derjeuige der Somma am Vesuv; in Nordosten ist der Mautel zerstückelt und nur aus einzelnen, niedrigeren Hügeln zusammeugesetzt. Der Mantel selbst besteht aus Schichten von Leucitophyr, durchaus demjenigen der Somma ähnlich, nur mit uoch grösseren Krystallen vou Leucit; er umgiebt den im Mittelpunkte befindlichen Kern, der aus glimmerhaltigem Trachyte besteht und glockenförmig emporsteht (Fig. 882). Der innere Krater, aus welchem dieser glocken-

förmige Trachytkegel emporsteigt, bildet ein ebenes Kesselthal, welches $7^{1}/_{2}$ Meilen im Umkreise hat, und in dem das Dorf Rocca Monfina selbst liegt. Der Trachytkegel im Inneren hat keine Spur von Krater aufzuzeigen; nur auf der Nordseite ist ein höchst kleiner Lavastrom hervorgebrochen, der kaum bis in den Boden des Kesselthals gelangt ist. Einige Schlackenkegel befinden sich auf der westlichen Seite des Kraters (Monti Attani; *e* auf der Ansicht); im Uebrigen bildet die

Fig. 882.

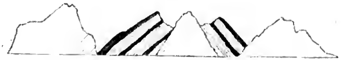


Ansicht des Vulcans von Rocca Monfina.

a Monte Cammino. *b* Sessa. *c* Monte Cortinella. *d* Monte Santa Croce. *e* Monti Attani. *f* Monti dei Sanniti.

trachytische Centralmasse ein festes Felsgestein, und der ganze Kegel wird zu beiden Seiten von den aufgerichteten Schichten der Apenninen-Ausläufer umgeben, die er durchbrochen zu haben scheint. Ein idealer Durchschnitt des ganzen Gebirges würde demnach etwa folgendes Bild geben (Fig. 883). Zu beiden Seiten die geschichteten Kalke der Apenninen, den Monte Massico und Monte Cammino bildend, näher nach

Fig. 883.



Idealer Durchschnitt des Vulcans von Rocca Monfina.



innen hin der geschichtete Mantel aus Leucitophyr und Conglomeraten, welcher die Cortinelle bildet, und in der Mitte der trachytische Kegel des Monte Sta. Croce. Der Leucitophyr von Rocca Monfina zeigt ungemein grosse Krystalle. Die Bildungsgeschichte des Vulcans geht also dahin, dass er durch wiederholte Lava- und Schlackenausbrüche von Leucitophyr aufgeschichtet wurde und dass der innere Trachyt-

kern die Ausfüllung des ursprünglichen Schlotes oder einen Lavadom darstellt.

§. 1192. Die liparischen Inseln sind durchaus vulcanischen Ursprungs, und mit den bis jetzt betrachteten Bildungen des Festlandes um Neapel enge verschwistert. Man unterscheidet an ihnen, wie an dem Vesuv, ältere und neuere vulcanische Producte, welche indess weniger durch ihre Natur, als vielmehr durch ihre Uebereinanderlagerung sich unterscheiden. Unter diesen Inseln verdient besonders der immerfort thätige Vulcan von Stromboli, die Leuchte des tyrrheuischen Meeres, eine besondere Berücksichtigung. Die Ausbrüche von Stromboli folgen sich beständig in Intervallen von wenigen Minuten. Der Krater, aus welchem diese Ausbrüche geschehen, befindet sich nicht auf der Spitze der conischen Insel, sondern auf der einen Seite, etwa in zwei Dritteln der Höhe, der Krater selbst ist bis zu einer gewissen Höhe mit glühender Lava gefüllt, welche in beständigem Auf- und Niederwogen begriffen ist. Dieses Wogen ist bedingt durch das Aufsteigen der Dampfblasen, welche an die Oberfläche aufsteigen und beim Platzen eine gewaltige Aschensäule emporschleudern, welche bei der Nacht in rothem Widerscheine leuchtet. Eine grosse Menge von schwefeliger Säure entbindet sich aus diesem immer thätigen Krater, dessen schon lange vor der christlichen Zeitrechnung gedacht wird, und dessen Basis aus älteren Laven besteht, welche durch die jüngeren Producte durchbrochen zu sein scheinen. Die älteren Laven sind röthlich graue Trachyte, die von Gängen einer lichtgrauen Felsart durchsetzt werden, welche glänzende Krystalle glasigen Feldspathes einschliesst. Der Krater selbst wirft von Zeit zu Zeit vollkommen lose Augitkrystalle aus.

Die Insel Volcano ist deshalb Stromboli weniger ähnlich, weil ihre Ausbrüche schon längst aufgehört haben, und nur noch Schwefelgase mit Wasserdämpfen ausgestossen werden. Die Menge von Schwefel, welche in diesem Vulcane ausgebeutet wird, ist bedeutend, und die Laven, welche er früher ausgespieen hat, nicht von denjenigen verschieden, welche von den ähnlichen Vulcanen dieser Gegend ausgespieen worden sind. Ausser dem Schwefel findet sich in dem Krater, in den Flüssen und Höhlungen der Felsmassen noch Alaun, Salmiak, Borsäure und eine eigenthümliche Verbindung des Schwefels mit Selen.

§. 1193. Der Aetna erhebt sich an der Küste Siciliens auf einer weiten kreisförmigen Basis (Fig. 884), die im Durchschnitte fünf deutsche Meilen im Durchmesser hat und einen leichten Vorsprung über die allgemeine Uferlinie bildet. Diese ebene Basis, die nur sehr allmälig zu dem Kegelberge hinansteigt, ist umgeben von einem Gürtel von

Kalk und anderen sedimentären Schichten, welche meist den Formationen der Kreide und des Jura angehören, so dass der Aetna wirklich eine ganz isolirte Masse darstellt, die mit der Umgebung keinen Zusammenhang hat. Was am meisten an der Form des Aetna auffällt,

Fig. 884.



Geognostische Karte des Aetna.



ist die geringe Erhebung seiner Gehänge, die ihn kaum wie einen Kegel erscheinen lassen, sondern vielmehr wie einen wenig gewölbten Schild, auf dessen Mitte ein erhabener Buckel aufgesetzt ist. Rundum ist dieser Schild von den umgebenden Gesteinen durch eine Schlucht abgeschieden, ein vertieftes Thal, das westlich und südlich den Simeto,

Fig. 885.



Ansicht des Aetna von Lentini aus.

Fig. 886.



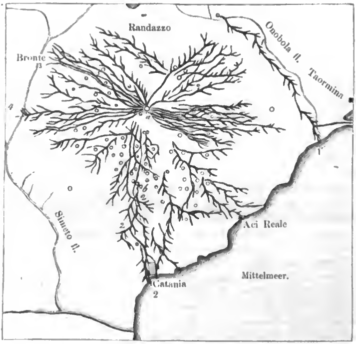
Ansicht des Aetna von Torre Archirafi gegen das Val del Bove.

nördlich den Onobola aufnimmt, und da im Osten das Meer ist, so findet sich der Aetna wirklich vollkommen wie auf einer Insel durch Wasser isolirt. Nach dem eben Gesagten kann man die schildförmige Basis und den mittlern Buckel als wesentliche Theile unterscheiden und die Ansicht von Leutini aus giebt ein sehr vollkommenes Bild dieser Structur (Fig. 885). Die Anwohner des Aetna unterscheiden an dem Berge: die cultivirte Region, an dem Fusse der schildförmigen Basis, die höchstens 3 Grad Abfall hat; die Waldregion oder den oberen Theil des Schildes, mit etwa 8 Grad Neigung (il Bosco), und endlich den mittlern Buckel unter dem Namen des Mongibello. Der Buckel selbst, die Regione netta, gleicht einem elliptischen Kegel, der auf der einen Seite zusammengestürzt ist und höchstens 32 Grad Gehänge hat. Der abgestürzte Theil bildet ein weites Amphitheater, nach dem Meere hin geöffnet, von senkrechten Wänden gebildet, welches das Val del Bove (s. d. Karte) genannt wird (Fig. 886). Der mittlere Buckel erhebt sich bis zu einem fast ringförmig ausgebreiteten verhältnissmässig ebenen Absatze, dem Piano del Lago, auf welchem das aus dem griechischen Alterthume stammende Monument, das dem Empedokles zugeschrieben wird, die Torre del Filosofo, und neuere Häuschen, früher die Casa Inglese, jetzt die Casa Gemellaro, erbaut sind. Ueber dem Piano del Lago erhebt sich nun der scharf begrenzte und abgesetzte Aschenkegel, dessen Gestalt, Höhe mit jeder Eruption sich verändert und zuweilen ganz in dem Schlunde des Kraters verschwindet. Der Krater selbst bildet ein mittleres rundes Loch inmitten dieses abgestutzten Aschenkegels, das horizontal ausgefüllt ist. Die ganze schildförmige Basis ist namentlich in dem Val del Bove durch weite Spalten zerrissen, welche meistens strahlenförmig vom Centrum auslaufen und nach aussen hin sich erweitern. Es erscheinen diese Spalten gewissermaassen als eine nothwendige Folge der Erosion, welche an jedem Kegel nach unten sich erweiternde Rinnen hervorbringen muss.

Der Aetna ist besonders ausgezeichnet durch die grosse Menge §. 1194.
von parasitischen Eruptionskegeln, welche überall auf seinem Schilde aufsitzen und wovon die meisten zugleich Lavaströmen zum Ausbruche gedient haben. Diese Lavaströme sind nach allen Seiten gleich Bächen hervorgebrochen und haben an einigen Stellen das Meer sowie die Thalbetten des Simeto und Onobola erreicht. Die beigefügte, von Gemellaro entworfene Karte (Fig. 887 a. f. S.) giebt insofern ein Bild dieser Lavaströme, als sie deren Richtungen im Ganzen angiebt, nicht aber eine verhältnissmässige Topographie, indem die Breite der Ströme durchaus zu gering gehalten ist. Es geht aus dem oben über die Lavaströme Gesagten hervor, dass diese auf wenig geneigten Gehängen sich ausbreiten und im Ganzen man das Gesetz aufstellen kann, dass ein Lavastrom um so breiter ist, je geringer sein Gefälle. Am Aetna wie

am Vesuv sind deshalb die Ströme oben, wo das Gefälle gross ist, oft nur wenige Fuss breit, erweitern sich aber, je tiefer sie kommen. Um

Fig. 887.



Karte der Lavaströme des Aetna.

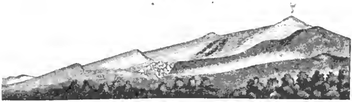
a Casa Gemellaro und Torre del Filosofo in der Nähe des grossen Kraters. *b* Monti Rossi. 1 Eruption von 396 vor Christo. 2 Eruption von 1669. 3 Eruption von 1843. 4 Eruption von 1603.

dieses Verhältniss anschaulich zu machen, wurden auf der geognostischen Karte, Fig. 884, die Dimensionen der Lavaströme von 1669 und 1832 nach ihren richtigen Verhältnissen eingetragen und es ist leicht, aus der Vergleichung dieser Karte mit derjenigen von Gemellaro zu sehen, dass viele Lavaströme einander decken, über einander hingelaufen sind und die letztere Karte eben nur die Axen und Richtungen angiebt, nach welchen die Ströme flossen.

§. 1195. Die Structur des Aetna selbst erhellt wohl am besten aus einer genaueren Untersuchung jenes gewaltigen eingestürzten elliptischen Thales, des Val del Bove. Die steilen Abstürze dieses Thales bestehen aus mehreren Hunderten von vollkommen regelmässigen Schichten, die

meistens hellgrau oder bräunlich sind und wie die jetzigen, im Allgemeinen schwärzeren Laven des Aetna, aus Labrador, Pyroxen und Peridot zusammengesetzt sind. Die mineralogische Beschaffenheit ist demnach von derjenigen der jetzigen Laven nur sehr unbedeutend verschieden, während die gleichmässige Mächtigkeit und Erstreckung der Schichten eine bedeutende geologische Verschiedenheit von den jetzigen Laven andeutet. Am Val del Bove wechseln deutlich geflossene Schichten mit Lagern von Tuff und Conglomerat ab und im Durchschnitt haben dieselben etwa 2 Meter Mächtigkeit. Die Schichten sind, wie die Zeichnung (Fig. 888) zeigt, durchaus gleichmässig gegen den

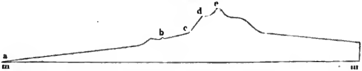
Fig. 888.



Ansicht des Val del Bove und des Aetna-Gipfels.

Mittelpunkt des Berges hin gehoben. Der Boden des Val del Bove ist ganz von neueren Laven und Schlackenmassen bedeckt, die zum Theil aus einem, fast in seiner Mitte gelegenen Krater, der Rocca Musarra, geflossen sind, so dass man keine weiteren Aufschlüsse aus seiner Untersuchung erhält. An dem oberen Theile, wo das Thal gegen den Kegel hin sich schliesst, an den Abstürzen des Serre del Solficio, erscheinen die Laven ganz horizontal, während an den Wänden zu beiden Seiten sie stark nach aussen hin fallen. Man bemerkt im Verhalten dieser Schichten durchaus keinen Unterschied, ob sie nun geneigt sind oder horizontal. Aus dem Durchschnitte des Aetna von Ost nach West (Fig. 889), der mitten durch die Längsaxe des Val del Bove

Fig. 889.



a Punta Secca. *b* Rocca Musarra. *c* Val del Bove. *d* Piano del lago. *e* Krater.

geht, ergiebt sich leicht, dass dieses nur einen fehlenden Theil des Buckels darstellt, welcher in dem anderen Durchschnitte (Fig. 890 a. f. S.) vollständig und darum weniger fühlbar ist. Das Val del Bove zeichnet sich noch durch eine ungeheure Menge von Gängen und

Adern aus, welche die Laven und Conglomeratschichten krenzend durchsetzen und, obgleich von derselben mineralogischen Beschaffen-

Fig. 890.



Durchschnitt des Aetna von Nord-Nord-West nach Süd-Süd-Ost.
d Piano del Lago. *e* Krater. *f* Randazzo. *g* Sediment-Gesteine. *h* Monti Rossi. *i* Monte dei Faggi. *k* La Motta. *l* Catania.

heit, doch weniger verwittern, so dass sie überall wie Mauern hervorstehen (Fig. 891). Die Zahl dieser Gänge nimmt gegen den mittlern

Fig. 891.



Ausgefüllte Lavaspalten im Val del Bove am Aetna.

Kegel hin zu. Die Gänge selbst durchkrenzen sich oft und verwerfen sich, sowie die Schichten, sind mithin nicht alle von demselben Alter, sondern nach und nach gebildet worden.

§. 1196. Bedenkt man nun diese geschichtete Structur des mittleren Buckels des Aetna; die geringere Mächtigkeit der neueren Lavaströme und losen vulcanischen Producte, die eine Art Mantel über die älteren Schichten geworfen haben, welche letzteren nur durch den Riss des Val del Bove zum Vorschein kommen; bedenkt man ferner die Ungleich-

heit der Gehänge am Aetna, die markirten Absätze zwischen dem Schilde, der Basis, dem mittlern Buckel und dem Aschenkegel, so sieht man ein, dass der Aetna durch allmälige Aufeinanderschichtung von Materialien entstanden ist, dass die älteren Laven, welche das Val del Bove blosslegt, in anfangs wenig, dann bei zunehmender Aufschüttung in stärker geneigter Lage geflossen sein müssen. Später stürzte ein Theil der Masse ein und bildete so einen unregelmässigen Seitenschurf, das Val del Bove. Dieser Aufschüttung des grossen Kegels selbst aber ging eine lange vulcanische Thätigkeit an demselben Orte voraus, welche aus verschiedenen Spalten und Rissen die älteren basaltischen Bildungen erzeugte, die an dem ganzen südlichen Halbkreise der Aetnabasis, westlich zwischen den geschichteten Gesteinen der Kreide und den neueren Laven bei Aderno, Licadia und in dem Hügel La Motta bei Catania hervortroten und am Meere die cyclopischen Inseln sowie eine schmale Bande längs des Meeres diesen Inseln gegenüber bilden. Es erzeugten sich demnach an demselben Orte zuerst basaltische Laven, deren prismatische Absonderung eine schnelle Abkühlung, theilweise durch Contact mit dem Meere beurkundet; dann trachytische Laven, die den Kegel bis zum Piano del Lago aufthürmten und endlich, nach dem Einsturz des Val del Bove, den heutigen Aschenkegel bildeten.

Unter den Ausbrüchen des Aetna verdient derjenige von 1669 eine §. 1197.
besondere Berücksichtigung, da er den grössten Lavastrom erzeugte, welchen der Berg je ausgespieen hat. Der Aschen- und Schlacken-Auswurf aus dem Krater sowohl wie aus den Seitenspalten dauerte 54 Tage, während welcher der Berg von dem Krater an bis zu den Monti Rossi hin in einer Linie sich spaltete, welche in ihrer Verlängerung den Vulcan in zwei gleiche Hälften getheilt hätte. Auf dieser Spalte wurden hier und da parasitische Kegel aufgeworfen und am unteren Ende derselben entstanden durch Aufschüttung von Schlacken und Asche die beiden Monti Rossi, die durch eine Spalte von einander getrennt sind, durch welche die Lava ihren Ausweg nahm. Der Strom selbst, welcher aus dieser ungeheuren Spalte hervorbrach, floss anfangs sehr schnell, so dass er um 140 Meter täglich vorrückte, später, als er auf den flacheren Gehängen in der Umgegend von Catania anlangte, war das Vorrücken weit geringer. Im Monat Mai war die Lava an den Stadtmauern angelangt und thürmte sich nun an diesen in die Höhe. An einer Stelle erlag die Stadtmauer unter dem Drucke; ein dort gelegenes Bernhardiner-Kloster, das zerstört wurde, leistete aber durch seine starken Mauern den Dienst einer innern Bastion. An vielen Stellen thürmte sich die Lava so auf, dass die grossen Blöcke ihrer Decke über die Mauer hinüberstürzten; hier und da floss sie über in geringen Mengen und bildete Stalaktiten und Tropfen, wie Wachs, welches an einem Lichte herabläuft und allmälig erstarrt. In die Stadt selbst

drang der Lavastrom nicht ein; er lenkte nach Osten ab und stürzte unterhalb der Stadt ins Meer, wo er jetzt einen vorspringenden Sporn bildet, der eine schöne prismatische Absondernng zeigt. Die Catanesen hatten schon während des Ausbruches eingesehen, dass der Strom die Stadt erreichen werde, und versucht, ihn dadnrch abznlenken, dass sie seitliche Gruben und Vertiefnngen aushöhlten; die Einwohner von Beltazzo aber, inne werdend, dass der Strom wirklich sich nach ihrem Städtchen hinlenke, widersetzten sich dem Unternehmen der Catanesen mit bewaffneter Hand. Vierzehn Städte und Dörfer wurden zerstört. Der Strom bildet jetzt eine längliche Decke, etwa 4mal so lang als breit, wie man auf der geognostischen Karte des Aetna, Fig. 884, sieht, nnd die grosse Breite, die an einzelnen Stellen, wo das Gefäll abnimmt, sich noch vergrössert, ist wesentlich dem geringen Abhange zuzuschreiben, der im Durchschnitte höchstens nur drei Grade beträgt.

§. 1198. Der Ausbruch von 1832 danerte 22 Tage. Auch hier bildete sich eine Spalte, welche von dem Kegel aus hart an der Torre del Filosofo vorbeistrich. Die Lava brach weiter unten aus und stürzte in gerader Linie gegen Bronte hinab, indessen war ihre Menge nur unbedeutend, nnd allmälig auf den ebeneren Gehängen der Basis sich erweiternd, hielt der Strom noch weit oberhalb Bronte still. Der Strom bildet jetzt eine Figur, etwa wie eine Schleuder (s. Fig. 884); auf beiden Seiten ist er von einem Walle ungeheurer Blöcke umgeben, die eine Moräne um ihn bilden, wie diejenige eines Gletschers, und auf der Oberfläche eine rauhe beschwerliche Decke zusammensetzen. Zwei Jahre nach dem Ausbruche rauchte diese Lava noch an vielen Stellen aus Spalten, deren Inneres sehr heiss war. Die entbundenen Dämpfe bestanden aus Wasserdampf, welcher einen deutlichen stechenden Geruch nach Salzsäure hatte; in den Spalten selbst setzten sich grosse Mengen salinischer Efflorescenzen ab, welche man ausbeutete, nnd die besonders aus Salmiak, gemengt mit Gyps, Kochsalz und Schwefel, bestanden. Das Merkwürdigste bei diesem Ausbrnch war der Einsturz des Aetnagipfels, der bei einem starken Stosse plötzlich verschwand, so dass nachher ein weiter trichterförmiger Krater bestand, der etwa 400 Meter Durchmesser hatte und eine sehr unregelmässige Oberfläche zeigte.

Die Zahl der Aetnaausbrüche ist sehr bedeutend; sie hat sich in neuerer Zeit etwas vervielfältigt uud die Ausbrüche haben dnrchaus nicht an Heftigkeit abgenommen. Der Ausbrnch von 1843 hat einen Lavastrom geliefert, welcher bis zn dem Thale des Simeto vorgedrungen ist und einer grossen Menge von Nengierigen das Leben kostete, welche nach Beendigung der Eruption dem langsamen Fortfliessen der Lava znschauten. Diese scheint auf ihrem Wege einen Wasserbehälter oder Teich getroffen nnd anfangs überdeckt zu haben. Die erhitzten Dämpfe überwältigten endlich den Drnck der auf ihnen lastenden Lava

und machten sich durch eine furchtbare Explosion Luft, welche grosse Massen von heissem Wasser und Schlacken umherstreute. Im Jahre 1852 begann der Aetna aufs Neue zu toben und bedeutende Lavamassen auszuspeien, die indess keinen grossen Schaden verursachten. In den letzten Jahren nahm er zu wiederholten Malen seine Thätigkeit auf.

Im Ganzen mag der Aetna auf dem Umkreise seines Schildes etwa 60 grössere und vielleicht 600 bis 700 kleinere parasitische Kegel besitzen, welche alle von Eruptionen herrühren. Auf den Karten Figur 884 und Fig. 887 wurden nur die grösseren parasitischen Kegel durch einfache Kreise angedeutet.

Ausser den noch thätigen Vulcanen zeigt Italien eine Menge älterer vulcanischer Gruppen, welche theilweise eine besondere Auszeichnung verdienen. Man kann dieselben in drei Gruppen theilen; die älteren Trachytgebilde im Vicentinischen in der Nähe von Padua, welche die Enganeen bilden, die Gruppe von Toscana, besonders ausgezeichnet durch die Spalten, aus welchen sich die heissen Dämpfe entwickeln und die sich im römischen Gebiet bis zu den pontinischen Sümpfen hin ausbreitet, und endlich die süditalienische Gruppe hauptsächlich zwischen Gaeta und Neapel entwickelt. §. 1199.

Was nun zuerst die Enganeen betrifft, so erhebt sich diese kleine Trachytkette mitten aus der Ebene zwischen Bologna und Padua in ihrer höchsten Spitze, dem Venda, bis zu einer Höhe von 586 Metern. Ihre Hauptmasse besteht aus einem grauen, gelben oder hellröthlichen körnigen Trachyt, in dessen rauher amorpher Grundmasse Feldspath, schwarzer Glimmer und Hornblende krystallisirt sind. Diese Trachyte haben die Kalkmassen der Scaglia, welche der oberen Kreide angehören, emporgehoben und durchbrochen und sind selbst wieder von Trappgebilden durchbrochen worden. An einigen Stellen zeigen sich auch basaltische Ströme.

Die alten vulcanischen Gebilde des mittleren Italiens, Toscanas und des Kirchenstaates, bilden offenbar eine grössere Masse, welche einer Bruchlinie entspricht, die mit der Hebungslinie des Apennins etwa parallel läuft. In der toscanischen Maremme, besonders in der Nähe von Volterra, sind es vorzüglich heisse Dämpfe, welche aus Spalten hervorgehen, die vielleicht schon Serpentinen und anderen plutonischen Gebilden zum Aufsteigen dienten. Früher existirten hier viele heisse Seen, Lagoni genannt, aus denen dicke, weisse, schwefelige Wolken stossweise emporwirbelten. Alle diese Lagonen hatten eine kreisförmige Gestalt, zuweilen sprühte die Flüssigkeit durch grosse und glänzende Gasblasen auf, die hauptsächlich Kohlensäure, schwefelige Säure, Borsäure und Stickstoff enthalten und an ihrem Rande Schwefel abgesetzt haben, während zugleich der Boden, der ursprünglich nur §. 1200.

18*

aus Kalkstein besteht, durch die Wirkung dieser Dämpfe in eine leichte, bimssteinartige, unter dem Tritte oft zusammenbrechende Masse verwandelt ist. Aus einer Vergleichung der Phänomene, wie sie jetzt bestehen, mit Beschreibungen aus dem Mittelalter ersieht man, dass die vulcanische Thätigkeit hier schon bedeutend abgenommen hat, und namentlich, dass die natürlichen Lagunen gänzlich vertrocknet sind und jetzt nur künstlich durch Zuleitung von Wasser unterhalten werden, um das borsäurehaltige Gas zu fixiren und industriell zu verarbeiten. Durch Auswerfen von ihnen bildet man Behälter an solchen Orten, wo das Gas hervorbricht, das dann durch die schlammige Flüssigkeit hindurchgeht und in Zeit von 24 Stunden dieselbe mit Borsäure sättigt, worauf man es in Pfannen leitet, in denen durch Zusatz von Soda Borax gebildet wird. Die Pfannen werden durch den heissen Dampf selbst geheizt und so die Flüssigkeit zum Krystallisiren verdampft. Man erzeugt jetzt über anderthalb Millionen Pfund Borsäure im Jahr, die zur Versorgnng von ganz Europa mit Borax hinreichend sind.

§. 1201. Die nächste Umgebung von Rom ist von zwei Hauptgruppen vulcanischer Gebilde zusammengesetzt, welche durch das Tiberthal von einander getrennt werden. In der nördlichen Hälfte befinden sich drei grosse, von Seen ausgefüllte Krater, die in ihrem äussern Ansehen und in ihrer Structur viele Aehnlichkeit mit den Maaren in der Eifel darbieten. Es bilden diese Krater die Seen von Bolsena, Vico und Bracciano. Alle liegen in der Mitte wallförmiger Rundgebirge, die sich kegelförmig mit schwachen Gehängen erheben, auf welchen hier und da noch kleine parasitische Kegel und Schlünde aufsitzen. Besondere Durchbrüche von festem Trachyt finden sich besonders im Monte Amiata, wo zugleich ein Serpentingang sich an den Trachyt anlehnt, im Monte Cimino, Virginio und Tolfa, während im Uebrigen die Berge in der Umgegend der Seen aus einem eigenthümlichen verwitterten dunkelfarbigen Tuff bestehen, der, wie es scheint, gänzlich unter Wasser abgesetzt wurde.

Südlich von Rom findet sich das Albanergebirge, ein einziges Rundgebirge, aus dessen Mittelpunkt Rocca di Papa als Aschenkegel in ähnlicher Weise emporsteigt, wie der Kegel des Vesuvs aus der Somma. Im Innern des Ringgebirges liegen die Seen von Nemi und Albano, welche die Kraterschlünde ausfüllen. Das Ringgebirge selbst besteht aus hellgrauem, hartem, frischem, unzersetztem vulcanischem Gesteine, das man mit dem Namen Peperin belegt hat und das vielen Glimmer-Augit enthält. Es ist wahrscheinlich, dass das Albanergebirge einen Vulcan darstellte, der sich nicht unter Wasser, wie die nördlichen Gebirge von Rom, sondern an freier Luft aufschüttete, und dessen Lavaströme sich über den Tuff, der die Campagna und die Hügel von

Rom bildet, hinüber ergossen, so dass sie jünger erscheinen, als dieser Tuff, in welchem man an einzelnen Stellen deutliche Spuren des Menschen, wie Kieseläxte u. s. w., gefunden hat.

In der Basilicata sei noch des **Vultur** erwähnt, der in der Nähe von Melfi als isolirter Kegelberg nicht weit von dem apulischen Meere emporsteigt. Der Berg besteht hauptsächlich aus vulcanischem Tuff, der theils dicht, theils lose und zerreiblich ist und auf der Oberfläche zu einem fettigen Lehm zersetzt ist, der eine ausserordentlich reiche Vegetation trägt. Am nördlichen Abhang unter den sieben Gipfeln hat der Berg eine grosse kreisartige Vertiefung, die ringsum von steilen Abstürzen eingeschlossen ist. Die Seitenkegel haben andere Laven erzeugt, als der Hauptvulcan. §. 1202.

Eine merkwürdige Inselgruppe bietet in dem griechischen Archipelagus die Insel **Santorin** (Fig. 892) mit den kleineren Inseln §. 1203.

Fig. 892.



Die Insel Santorin im griechischen Archipelagus. *a* Elensis. *b* Eliasberg.

Fig. 893.

Ansicht von Santorin, vom Eingange des inneren Sees aus.

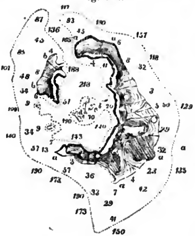


a Apanomeria; b Nordwest-Cap von Santorin; c Eliasberg; d Klein-Kaimeni; e Neu- Kaimeni; f Nordost-Cap von Therasia.

Therasia, Aspronisi und mehreren inneren, Kaimeni genannten Inselchen. Die Insel Santorin (Thera im Alterthume) bildet eine halbmondförmige Insel, Fig. 893, deren innerer Rand ein steiler, fast senkrechter Absturz von 240 Metern (750 Fuss) ist, während nach aussen hin die Gehänge sanft unter die Meeresfläche einschiessen. In der Oeffnung des Halbmondes liegen in der Fortsetzung seiner Krümmung zwei kleinere und weit weniger hohe Inseln, Therasia und Aspronisi, welche ebenfalls einen steilen Absturz nach innen, sanft geneigte Böschungen nach aussen bieten. Diese drei Inseln zusammen bilden auf diese Weise eine ovale innere Bucht, deren Wände ringsum steil und senkrecht sind, deren Tiefe an vielen Stellen und zwar ganz nahe am Lande bis zu 300 Metern beträgt, was beweist, dass die Höhe der Wände etwa zu 500 Metern im Durchschnitt erwachsen mag, und deren längerer Durchmesser in runden Zahlen 10 000, der kürzere 6000 Meter beträgt. Fig. 894 giebt die Sondirungen im Umkreise des festen Landes. Man sieht daraus, dass

in der Mitte ein tiefer kraterähnlicher Kessel existirt, welcher bis zu 213 Faden Tiefe besitzt, und dass dieser Kessel nach Norden hin in einen etwa 140 Faden tiefen Canal ausläuft, der in das umgebende Meer mündet, während nach Westen hin in der Verlängerung des Bogens, der von Therasia über Aspronisi nach dem Westcap läuft, eine nur sehr geringe Tiefe herrscht, so dass es nur einer Erhebung von einigen Faden mehr bedürfte, um hier den Kreis vollkommen zu schliessen. Denkt man sich die Erhebung noch weiter fortgesetzt, so dass der Nordcanal trocken gelegt würde, so hätte Santorin etwa das Ansehen der Insel Palma mit seiner Caldera, von welcher wir später reden werden. Im Allgemeinen bestehen die Ränder dieser ungeheuren eirunden Vertiefung, die etwa 1700 Fuss Tiefe und mehr als drei Stunden im Umkreise haben würde, wenn sie nicht vom Wasser grösstentheils bedeckt wäre, aus überall nach aussen hin abfallenden Lagern von halbverglaster Lava, Andesit, trachytischen Tuffen und Conglomeraten, zwischen welchen man neuerdings in bedeutender Tiefe merkwürdige, aus der ältesten Steinzeit datirende Wohnungen gefunden hat. Die Oberfläche der Inseln selbst wird von einer ungeheuren Ablagerung trachytischen Conglomerates von weisser Farbe gebildet, mit Ausnahme des südlichen Theiles, wo Eleusis und der Eliasberg, die aus metamorphischen Gesteinen, körnigem Kalk und Schiefern bestehen, an welche die Tuffe sich anlehnen.

Fig. 894.

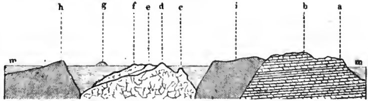


Seekarte von Santorin.

In der Mitte der Vertiefung erheben sich mehrere kleine Inseln, die verbrannten (Kaimeni) genannt, welche durch vulcanische Ausbrüche gebildet wurden und nun an der Oberfläche des Wassers kleine vorstehende Felspartien bilden. Diese Inseln (Fig. 895 a. f. S.) bestehen aus einem braunen, festen, glasigen Trachyte, sehr verschieden von dem Tuffe, der die äusseren Inseln bildet. Hier und da sind sie bedeckt von weissem Bimsstein. Die Geschichte der allmäligen Erhebung dieser inneren Trachytmassen ist deswegen besonders lehrreich, als hier ohne Zweifel der Trachyt allmälig mit Perioden grösserer Aufregung aus der Tiefe hervorquoll, so dass er auf seinen erstarrten Schollen noch die Austern und andere Schalthiere auf sich trug, die auf ihm befestigt waren, als er den Boden des Meeres bildete. Im

Jahre 233 v. Chr. wurde in Folge eines äusserst heftigen Erdbebens nach Plinius' Bericht die Insel Therasia von Santorin, das damals Thera hiess, getrennt; im Jahre 196 v. Chr. erschien in der Mitte des Golfes, in welchem früher keine Insel vorhanden gewesen war, der Trachytkopf der Paläo-Kaimeni (*f*) ohne bedeutende Erscheinungen, wie es scheint, in Folge langsamer gradueller Erhebung. Das Jahr 19 v. Chr. sah eine neue Insel erscheinen, die nur etwa 250 Schritte

Fig. 895.



Durchschnitt von Santorin.

a Eleusis. *b* Eliasberg. *c* Neue Insel, welche sich erhebt. *d* Mikro-Kaimeni. *e* Neo-Kaimeni. *f* Paläo-Kaimeni. *g* Aspronisi. *h* Therasia. *m* Meeresspiegel.

von der ersten entfernt war und wahrscheinlich mit derselben sich vereinigte; die Jahre 726 und 1427 n. Chr. wurden zu fortdauernder Vergrösserung von Paläo-Kaimeni benutzt. Im Jahre 1573 entstand Mikro-Kaimeni (*d*), zwischen 1707 und 1709 endlich bildete sich Neo-Kaimeni (*e*) unter einer merkwürdigen Folge von Erscheinungen, an einer Stelle, die vorher 400 Fuss Tiefe zeigte. Die Insel bestand zuerst aus zwei Theilen, einer weissen Insel, die aus einem einzigen Blocke ungemein leichten und porösen Bimssteines zusammengesetzt war, und einer schwarzen, von zahlreichen Felsen brauner Trachyte gebildet, die langsam, ohne Erschütterung, Getöse oder Flammen aus dem Meere aufstiegen und noch Austern auf ihrer Oberfläche trugen. Allmälig erhitzte sich nach Vereinigung der beiden Inseln unter fortdauernder Erhebung derselben das Wasser, und endlich entstand auf dem Hügel ein Krater, der Flammen, Aschen, Laven ausspie und längere Zeit tobte, so dass er im Jahre 1712 noch nicht völlig beruhigt war. In den dreissiger Jahren schien sich zur Seite von Mikro-Kaimeni eine neue Insel erheben zu wollen; vor 50 Jahren war an der auf dem Durchschnitte (Fig. 895 *c*) bezeichneten Stelle der Grund erst in 15 Faden Tiefe zu finden; im Jahre 1830 fanden sich nur $3\frac{1}{2}$ bis 4 Faden und im Jahre 1835 nur noch 2 Faden Tiefe, so dass dort jetzt eine für grössere Schiffe gefährliche Klippe sich befindet. Nachdem über ein Jahrhundert Ruhe geherrscht, begann im Januar 1866 eine kleine Niederlassung auf Neo-Kaimeni allmälig zu sinken; an der Südseite erwärmte sich das Meer, Klippen und Trümmer von schwarzer Lava stiegen auf und bald entwickelte sich dort ein Vulcan, der Geor-

gios genannt wurde und am 20. Februar einen furchtbaren Ausbruch hatte, eine 10000 Fuss hohe Feuer- und Ascheusäule ausspie und durch seine glühenden Bomben einen Kauffahrer in Brand steckte, mehrere Menschen tödtete und das Kanonenboot Aphroëssa mit einer Commission an Bord in die grösste Gefahr brachte. Zugleich stieg an der Seite nach der Paläo-Kaimeni ein Lavablock auf, der nach und nach zu einem riesigen Maulwurfshügel aufquoll, sich ebenfalls mit der Neo-Kaimeni vereinigte und Aphroëssa genannt wurde. Beide Vulcane haben keinen Krater, sondern sind Domvulcane, aus deren Spalten Dämpfe und Flammen hervorbrechen, die bei Tage am Georgios weiss, an der Aphroëssa, der vielen sublimirten Chlorverbindungen wegen, zimmtbraun erscheinen. Die Augenzeugen, wie besonders Director Schmidt von Athen, sind besonders über zwei Erscheinungen bestimmt, über das wogende und wallende Aufquellen der Massen und über das Auftreten brennender, züngelnder Flammen, die mit Aschen und Bomben aus den Spalten hervorbrechen und gewissermaassen pulsiren. Die Ausbrüche dauern noch jetzt fort.

Die Geschichte Santorins zerfällt also in zwei Abschnitte, Bildung §. 1204. eines gewaltigen Kraters, der ungeheure Massen von Tuffen, Andesitströmen, Conglomeraten und Bimssteinen lieferte, theilweise Zerstörung des aufgeschütteten Kegels durch Einsturz und Wasserzerstörung (Wellenschlag u. s. w.), so dass der innere Krater ausgeweitet und seine Umwallung theilweise zerstört wurde, indem nur die drei Ringinseln Thera, Therasia und Aspronisi übrig blieben, und dann neue Thätigkeit im Innern des Kraters, die seit fast 2000 Jahren fortdauert und durch Ergüsse massiger, zähflüssiger Lavaströme charakterisirt ist.

Ausser Santorin zeigen noch Milos, Niegros, Polinos und Kolonos vulcanische Bildungen. Drei Seemeilen nordwestlich von Santorin fand im Jahre 1650 ein furchtbarer Ausbruch statt, von mephitischen Gasen, Erdbeben, Aschenregen und Sturmfluthen begleitet, der grossen Schaden anrichtete, aber keinen bleibenden Vulcan, sondern nur die sogenannte Kolumbobank bildete, über welcher jetzt 10 Faden Wasser stehen.

Wenn so im Süden Europas einige noch thätige Vulcangruppen §. 1205. erkannt werden können, so findet sich im Norden nur eine, die aber in ihren Verhältnissen die südlichen Gruppen weit übertrifft.

Island stellt sich im Ganzen als eine gewaltige Hochebene dar, §. 1206. die aus älteren vulcanischen Gesteinen gebildet und längs einer von Südwest nach Nordost laufenden Mittelzone, auf welcher die noch thätigen Vulcane stehen, eingesunken ist. Mit Ausnahme der Südküste, die von der Vulcanzone gebildet wird, zeigen sich ungeheure

Trappmassen, senkrechte Klippen von mehreren tausend Fuss Höhe und tief eingeschnittene Fiorde, welchen diese senkrechten Klippen als Ufer dienen. In den Tuffschichten, welche die compacten Trappe trennen, hat man an vielen Stellen Meeresmuscheln und ähnliche Fossilien gefunden, welche offenbar darauf hinweisen, dass der Trapp einst auf dem Boden des Meeres floss und erst später über dasselbe erhoben wurde. Island scheint demnach ebenfalls ein erhobenes Stück einer gewaltigen Trappmasse zu sein, zu welcher auf der andern Seite die Hebriden und die schottischen Inseln gehören. Die an manchen Orten vorkommenden Braunkohlenlager (Surturbrand) zwischen den Trappschichten, die von miocenen Landpflanzen gebildet sind, beweisen einestheils öftere Trockenlegungen und geben anderntheils das Alter der Trapplager an. Was indess dieses Stück vor allen anderen auszeichnet, ist der oben erwähnte Durchbruch der trachytischen Formation und der neueren Vulcane durch die Trappformation hindurch nach einer Linie, welche die Insel von Nordost nach Südwest hin quer durchschneidet. Auf beiden Seiten dieser schmalen Bande, welche von den heutigen Vulcanen gebildet wird, zeigen sich die Trappschichten in ihrer horizontalen Erstreckung, und scheinen demnach nur durch einen Riss gespalten, nicht aber erhoben worden zu sein.

§. 1207. Die Vulcane Islands gehören zu den thätigsten in Europa und sind jetzt durch ausgezeichnete Untersuchungen mit am besten gekannt. Die Krater der isländischen Vulcane zeichnen sich weder durch besondere Grösse noch durch besondere Eigenthümlichkeiten ihres Baues aus. Doch fehlen ihnen ganz jene rundlichen Wallgebirge, von welchen wir in dem Monte Somma am Vesuv ein so ausgezeichnetes Beispiel kennen gelernt haben. Mit Ausnahme der beiden höchsten Gipfel, des Snaefiall und des Oraefa, deren Structur man ihrer Vergletscherung wegen nicht genauer untersuchen kann, sind die übrigen Vulcane alle den parasitischen Kegeln auf dem Fusse des Aetna zu vergleichen, indem sie aus rothen und braunen Schlacken mit schwarzem Sande vermengt zusammengesetzt sind, nach aussen eine Böschung von 25 bis 30 Grad und nach innen einen beckenförmigen, meist verschütteten Krater besitzen, auf dessen Peripherie sich nicht selten zwei diametral gegen einander überliegende Hörner erheben, deren Verbindungslinie mit der Erhebungsspalte zusammentrifft. Auf einzelnen Spalten sieht man ganze Reihen solcher aufgeschütteten Kegel mit Kratern alignirt.

Der bekannteste unter diesen Kegeln, der Hekla, ist länglich symmetrisch, sein Krater bedeutend gross und von vielen Spalten zerrissen; seine letzte bedeutende Eruption fand im Jahre 1845 statt und dauerte mit kurzen Unterbrechungen vom 2. September bis zum 12 October. Sie begann mit der Ausschleuderung einer Menge von Asche und Rapillis, welche schon fünf Stunden nach dem Beginn des Ausbruches

einige Flüsse so überladen hatten, dass man die gewohnten Furthen nicht mehr übersetzen konnte. Das Wasser des Flusses Rancaae war, drittehalb Stunden von der Heklaspitze entfernt, so heiss, dass man die Hand nicht darin halten konnte. Der Lavastrom, der damals ergossen wurde, kaum aus der Seite des Berges, er hat eine Länge von 6 Stunden, eine durchschnittliche Breite von etwas über 2000 Meter und eine Mächtigkeit von 20 bis 30 Metern. Der Ausbruch selbst fügte keinen bedeutenden Schaden zu, da die Lava nur über unwirthbare Aschenfelder sich ergoss. Durch den Aschenregen wurde indess das Gras in der Nähe des Vulcanes verdorben, wodurch eine Seuche unter dem Vieh ausbrach. Im Juli 1846 war der Lavastrom noch nicht erkaltet und zeigte zahlreiche Fumarolen, die Salmiak in grosser Menge absetzten. Noch weit bedeutender als diese ungeheure Lavamasse ist diejenige, welche sich aus dem Skaptar-Jökul im Jahre 1783 nach beiden Seiten des Berges hin ergoss, wie denn überhaupt im Gegensatze zu den bisher betrachteten europäischen Vulcanen, die isländischen durch die ungemeine Grösse der von ihnen ergossenen Lavaströme im Verhältniss zu den Schlackenmassen sich auszeichnen. Eine nicht minder bedeutende Rolle spielen in der isländischen Vulcanzone die Tuffe, die bald mehr bald minder durch Intervention des Meeres verändert sind und meistens den Boden der Thäler ausfüllen oder hohe Bergrücken und grosse Hochplateaus bilden. Trachyt findet sich nur an einzelnen Stellen, worunter die bekanntesten der Kegelberg Baula und der Laugarfjall in unmittelbarer Nähe des grossen Geysir. Alle Trachyte steigen aus dem Basalte empor und sind wahrscheinlich Kraterausfüllungen, deren Mantel zerstört ist. Die neueren Vulcane haben nur basaltische Laven geliefert.

Ausser diesen Vulcanen finden sich in Island noch heisse Schlammvulcane, die aus der Zersetzung des Tuffes durch heisses Wasser hervorgegangen sind. In einer ganz vegetationsleeren, wagerechten Ebene von aschgrauer Färbung, die nach Norden von starren Lavaströmen des Leirhnukur, im Westen von einem Höhenzug der Krafla, in dem überall Dämpfe hervorsteigen, begrenzt wird, liegen vier grössere und mehrere kleinere Schlammkessel mit verdächtigem Erdreich umgeben, das leicht unter den Füssen des Beobachters zusammenbricht. Ein graublauer, öfter noch blauschwarzer, widriger Schlamm, der für nichts Anderes tauglich zu sein scheint, als die Isländer von Hautausschlägen zu heilen, brodelt hier dampfumhüllt in Becken mit kraterförmigen Rändern und wird von platzenden Blasen, die ununterbrochen aus der Tiefe hervorsteigen, in die Luft gespritzt.

Von den heissen Quellen, den Geysern, war schon früher die Rede.

Von besonderem Interesse sind die Einsenkungen, welche häufig §. 1208.
auf den ungeheuren Lavafeldern Islands, den grössten der Welt, beob-

achtet werden. Die bedeutendste derselben ist Thingvalla. Auf beiden Seiten trennen zwei mehrere hundert Fuss breite und tiefe und meilenlange geradlinige Spalten das eingesenkte von vielen Sprüngen durchzogene Lavafeld von dem Hochplateau. Die Fortsetzung der Einsenkung bildet den Boden eines grossen Sees. Offenbar ist die ganze Erscheinung dadurch entstanden, dass die Decke des ganzen Lavafeldes schon erstarrt war, während der Strom in dem Innern noch glühte und weiterfloss, so dass endlich die Decke sich senkte und einbrach.

§. 1209. Besonders bemerkenswerth ist noch im Nordosten Islands die kleine Insel Jan Mayen, aus einem steilen, über 7000 Fuss hohen Vulcane, dem Bärenberge, und zahlreichen Kratern gebildet, welche, mit festen Lavaströmen verbunden, den niedrigen Theil der Insel bilden. Der Berg muss noch in historischer Zeit Seitenausbrüche gehabt haben, von welchen einige nur Tuffkrater, ähnlich dem Monte nuovo, andere Lavaströme geliefert haben.

b. Die übrigen Welttheile.

§. 1210. Die Inselgruppen um Afrika herum sind fast durchaus vulcanischer Natur. Die Azoren selbst sind in historischer Zeit still gewesen, mit Ausnahme der Insel Pico, deren zuckerhutförmiger Vulcan über 7000 Fuss Höhe hat. Ausserdem fanden in der Nähe von San Miguel die oben erwähnten untermeerischen Ausbrüche statt.

Die Gruppe der Canarischen Inseln ist durchaus vulcanisch und grösstentheils aus gewaltigen Trachytmassen aufgebaut, die mit Conglomeraten und Tuffen wechsellagern, zwischen welchen sich hier und

Fig. 896.

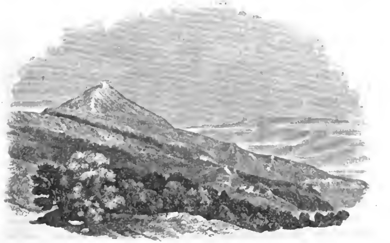


Ansicht des Pic de Teyde.

da wahrscheinlich miocene Meereskalke abgelagert finden, so dass also diese trachytische Grundlage der basaltischen Islands im Alter entsprechen würde. Trachytgänge durchsetzen die ausgebreiteten, gegen verschiedene Mittelpunkte hin ansteigenden Massen. Die Basalte, die

hier und da vorkommen, scheinen jüngern Ursprunges zu sein und auf den Trachyten zu lagern. Gelbliche, aus fein zerriebenem Bimsstein bestehende Tuffe (Tosca genannt) umgeben mantelartig die einzelnen Inseln, besonders Teneriffa. In dem Pic von Teyde auf der Insel Teneriffa (Fig. 896 u. 897) erreichen die amphitheatralisch aufgerichteten älteren Gesteine, die als vollkommen basaltische Schichten erscheinen und meist mit Tuffschichten bedeckt sind, im Verhältnisse zu dem innern Kegel nur eine geringe Höhe von höchstens 5000 Fuss, bilden aber dennoch eine vollständige, halbkreisförmige Mauer um die Basis des Kegels herum, während auf der andern Seite dieser Mantel zerstört ist, und ziehen sich in dem Mittelkamme der Insel weiter fort. Es ist deshalb begreiflich, weshalb man von einer gewissen Entfernung oder von anderen Punkten aus den Pic als einen reinen Kegel gewahren kann, indem die geringe Erhöhung der Umgebungsmauer bei grösserer Entfernung verschwindet (Fig. 897). Der innere Kegel selbst besteht ebenfalls aus Trachyt, der aber weit fester ist, als derjenige des geschichteten Mantels, und die Lavaströme, welche er geliefert hat,

Fig. 897.



Ansicht des Pics von Teneriffa mit seinem nach dem Meere hin gerichteten Abfalle von Santa Ursula aus.

sind zwar sehr gross, aber doch gegenüber der ganzen Insel unbedeutend in ihrer Masse. Sie bestehen aus scharfem, schlackigem Obsidian, der mannigfache Varietäten zeigt. Die ganze Insel Teneriffa, wie die Karte Fig. 898 (a. f. S.) zeigt, verdankt ihre Constitution der allmäligen Aufschüttung der Basalt- und Conglomeratschichten gegen den Kegelgürtel hin, aus dessen Mitte die gewaltige Masse des Pics empor-

steigt, welche die Schichten durchbrach, und zu deren Seite noch ein geringerer Trachytkegel, der Monte Chahorra, emporsteigt.

Fig. 898.



Karte der Insel Teneriffa.
1 Pic de Teyde. 2 Monte di Chahorra. 3 Orotava. 4 Santa Cruz.

§. 1211. Die Insel Palma, welche ebenfalls zu der Gruppe der Canarien gehört, liefert das ausgezeichnetste Beispiel von einem Kegelberge, in dessen Mitte ein ungeheurer Krater, eine Caldera, ausgehöhlt ist (Fig. 899). Von allen Seiten her erheben sich mächtige Basaltschichten, mit röthlichen Tuff- und Conglomeratlagern abwechselnd, nach einem Mittelpunkte hin, der durch ein ungeheures Kesselthal eingenommen ist, welches die Caldera heisst. Diese Caldera hat etwa zwei Stunden im Durchmesser; sie ist vollkommen kreisrund, ein ungeheurer Krater, umgeben von senkrechten Abstürzen, die mehr als 4000 Fuss Höhe über dem Boden der Caldera haben, welcher Boden in der Mitte 2257 Fuss über dem Meere erhaben ist. Die äusseren Gehänge des Mantels, welcher die Caldera umgiebt, sind wie auf der Drehbank gedrechselt, und wenn man oben an dem Rande der Caldera steht, so scheint die ganze Aussenfläche des Kegels eine einzige glatte Fläche zu bilden. Durchstreift man aber diese Aussenfläche, so trifft man in sehr kurzen Zwischenräumen auf ungeheure, oft 400 bis 500 Fuss tiefe Risse, sogenannte Barrancos, welche alle strahlenförmig von der Caldera aus nach dem Meere hin laufen und meist senkrechte Wände haben. An einzelnen Stellen trifft man kleine seitliche Eruptionskegel, welche die Einförmigkeit der Wände unterbrechen. Die Caldera selbst würde im Innern durchaus unzugänglich sein, wenn

nicht einer dieser Barrancos von ausserordentlicher Tiefe, der Barrancó de las Angustias, dieselbe bis auf den Grund spaltete. Beim Besuchen des Innern der Caldera von Tazacorte aus, welches Dörflein, wie

Fig. 899.



Karte der Insel Palma.

Fig. 900 zeigt, gerade an der Oeffnung des Barranco liegt, wandelt man zwischen zwei senkrechten Wänden von abwechselnden Schichten

Fig. 900.



Ansicht der Insel Palma von Tazacorte aus.

Basalts und röthlichen Conglomeraten gebildet. Eine Menge von Gängen durchbrechen diese Schichten, werden immer häufiger nach innen zu und verwerfeu hier alle Schichten, so dass man kaum mehr ihre Anordnung erkennen kann. Die Gänge sind meist dioritische Gesteine, verschieden von den Basalten der Schichten; an einzelnen Stellen scheinen sie selbst Granit zu Tage gefördert zu haben (Fig. 901). Die gauze Masse der Insel Palma bildet demuach einen weiten Mantel von

Fig. 901.



Querdurchschnitt der Insel Palma, von Nordwest nach Südost.

ab Der Rand der Caldera (circa 1830 Meter über dem Meere). *c* Beginn der stärkeren Gehänge. *d* Santa Cruz. *e* Seitlicher Ausbruchskrater. *f* Cap Briera. *g* Obere Lavenbildung der Caldera. *S P* Ausbruchskegel von San Petro.

Basalt, der um einen Mittelpunkt kegelförmig erhoben ist. In dem Mittelpnnkte selbst befindet sich der ungeheure, Stunden im Durchmesser habende Krater, dessen Boden von dichten Wäldern bedekt ist, hier und da aber doch einige kleine Anhäufungen von aus dem Boden entstiegenen Lavaströmen erkennen lässt. Neuere Untersuchungen haben wahrscheinlich gemacht, dass die Eingangsschlucht der Erosion zuzuschreiben ist, während der innere Krater offenbar durch Einsturz gebildet wurde. Einige, im sechszehnten und siebenzehnten Jahrhundert an der Peripherie der Insel stattgefundene Ausbrüche beweisen, dass die vulcanische Thätigkeit noch nicht gänzlich erloschen ist.

§. 1212. Der vulcanische Ausbruch, welcher im Jahre 1730 die Insel Lancerota (Fig. 902) verwüstete, hat insofern etwas Eigenthümliches, als dort nie ein eigentlicher, kegelförmig erhobener Vulcan existirte, sondern einer der ungeheuersten Lavaströme, welche man in historischen Zeiten beobachtete, aus einer Spalte hervorbrach, welche quer die Insel durchsetzte. Auf dieser Spalte erhoben sich von Distanz zu Distanz kleine Kegel, Krater mit sternförmigen Rissen, von denen der bedeutendste, la Montagna di Fuego (*a*) genannt, noch jetzt Wasserdampf und Efflorescenzen in den Rissen ausströmen lässt. Alle diese kleinen Kegel, die höchstens 150 Meter hoch sind, bestehen aus bohnengrossen, löcherigen, schneidenden schwarzen Rapillis, die lärmend über einander hinrollen und zu Dutzenden zwischen den Lavaströmen stehen. Die Augenzeugen des Ausbruches, besonders der Pfarrer von Yaiza (*b*), das dem Centrum des Ausbruches gerade gegenüber liegt, erzählen, dass am 1. September 1730 die Erde sich plötzlich öffnete und ein ungeheurer Berg sich erhob, der 19 Tage hindurch Flammen spie. Am Fusse dieses Ausbruchkegels bildete sich ein Krater, der

einen Lavastrom ergoss, welcher anfangs wie Wasser, später nur wie Honig floss. Am 17. September erhob sich ein gewaltiger Felsen unter Donnern aus der Erde und lenkte die Lava, die nach Norden floss, nach Nordwesten ab. Am 11. October brach ein Lavastrom aus, der

Fig. 902.



Karte der Insel Lancerota.

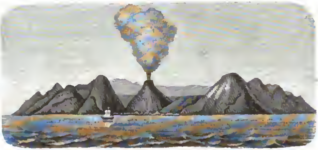
a Montagna di Fuego. *b* Yaiza. *c* Teguize. *d* Porto di Navo.

in Fällen nach dem Meere strömte und sich in dasselbe ergoss. Am 18. October neuer Ausbruch mit ungemeinen Mengen von Asche und Rapillis, Entbindung pestilenzischer Gase, welche das Vieh tödeten, dann wieder Ruhe vom 30. October bis 1. November. Mit dem Aschenausbruche wurde keine Lava ausgespieen. So ging die Geschichte mit wiederholten Ausbrüchen und kurzen Perioden der Ruhe fort; im Juni 1731 bedeckte sich der ganze Strand mit einer unglaublichen Menge todter Fische, und im Nordosten brach aus dem Meere eine hohe Aschen- und Flammensäule, die, wie es scheint, auf dem Ausbruche einer neuen Insel beruhte, welche wieder verschwand. Beim Beginne des Jahres 1732 verliessen die unglücklichen Bewohner die Insel, aber erst im Jahre 1736 hörten die Ausbrüche auf. Ganz Lancerota besteht aus mächtigen Schichten von Basalt und Tuffconglomerat, und durch diese Schichten machte sich die vulcanische Thätigkeit mittelst einer Spalte Luft und bedeckte fast ein Drittel der Insel mit Lava. Die Bevölkerung ist nur gering; Teguize (*c*) ist der Hauptflecken und Porto di Navo (*d*) fast der einzige Landungspunkt, da sonst fast überall die Basaltschichten steile Uferklippen bilden. Im Jahre 1824 und

1834 fanden ähuliche Ansbrüche in der alten Spalte statt, die indessen nicht so verheerend waren, als der grosse Ansbruch.

§. 1213. Asien ist gewissermaassen von einem Feuerkranze nmgeben. Auf dem Kaukasus erheben sich der Elbrnz mit einem deutlichen Krater und der Kasbek, der bedeutende Lavaströme ergoss. Sie übertreffen noch an Höhe den Demavend und den Ararat, der bis in das dreizehnte Jahrhundert häufige Ausbrüche hatte, dann ruhte, aber im Jahre 1840 seine Thätigkeit aufs Neue begann, indem zuerst eine Seitenspalte sich bildete, die ungeheure Auswürflinge emporschleuderte und einige Tage später einen furchtbaren Schlammstrom ausspie, welcher meilenweit die Gegend verwüstete. Schwefelhaltige Wasserdämpfe wurden unter starkem Erdbeben entwickelt, aber keine eigentlichen Feuererscheinnngen hemerkt. Von dort ziehen sich übrigens wenig bekannte Vnlcane durch Kleinasien längs den Ufern des rothen Meeres hin his zum Golf von Bengalen, wo die kleine Insel Barren eine sehr charakteristische Bildnng zeigt.

Fig. 903.



Ansicht der Insel Barren im Golfe von Bengalen.

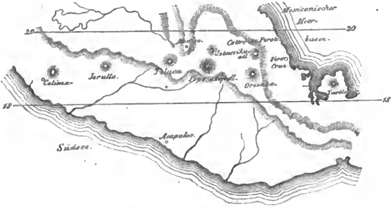
Es ist ein kreisförmiges Santorin mit äusserem, fast gänzlich geschlossenem, aus Tuff- nnd Lavaschichten gehildetem Mantel, innerer Lagune und centralem, spitz kegelförmigem Auswurfshügel, dessen Gipfel den Krater trägt und dessen Höhe etwa derjenigen des Mantels gleich ist. Die fast durchaus vulcanischen Sundainseln führen dann durch die Molukken, Philippinen, Formosa, die Japanischen und Knrilischen Inseln den Kreis weiter nach der mit nngeheuren Vulcanen hesetzten Halbinsel Kamtschatka und den Alenten, die sich an das amerikanische Festland anschliessen.

Besonders genau sind durch Jnnghnhn's, von Horner vervollständigte Untersnchungen die Vnlcane von Java bekannt, deren Zahl über hundert heträgt, von denen übrigens nur noch wenige thätig sind. Hauptsächlich sind es trachytische Gesteine in zahllosen Varietäten — basaltische Laven spielen nur eine nntergeordnete Rolle. Durch

Korallenriffe und Anschwemmungen werden die Vulcane immer mehr von der Meeresküste entfernt und finden sich jetzt schon im Innern der Insel. Viele sind erloschen, manche Krater von Wasser gefüllt. Am Taschem befand sich ein solcher, mit stark schwefelsaurem Wasser erfüllter See, der im Jahre 1817 durch einen heftigen Ausbruch entleert und zerstört wurde. Besonders thätige Vulcane sind der Lamongang, dessen Krater beständig glühende Lava enthält, der Gunnong Tengger, der Merapi, der furchtbare Aschenausbrüche hatte, der Galungung, dessen spaltenartiger Krater im Jahre 1823 einen furchtbaren Ausbruch hatte, bei welchem ein kochend heisser Schlammstrom 114 Dörfer zerstörte und 4000 Menschen tödtete, und der Papandayang, der im Jahre 1772 bei einem heftigen Ausbruche einstürzte.

Gehen wir nach **Amerika** über, so zeigen sich auf der Ostküste §. 1214. Vulcanreihen, die von den Aleuten ausgehend, durch die Halbinsel Alaschka auf das Festland übersetzen und in Californien und den Rocky mountains nach dem Süden sich fortsetzen. An der Grenze von Mexico wird die südliche Fortsetzung indessen durch die mexicanischen Vulcane unterbrochen. Die Landenge von **Mexico** ist, wie die Karte zeigt (Fig. 904), quer durchschnitten durch eine Reihe von Vulcanen, die alle so ziemlich auf einer und derselben Linie zwischen dem 18. und dem 20. Grade nördlicher Breite liegen, und von denen der Popocatepetl der bedeutendste ist. Im Westen dieser Linie erhebt sich der

Fig. 904.

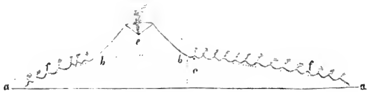


Mexicanische Vulcane.

Jorullo, dessen Entstehungsgeschichte wir hier nach A. von **Humboldt** gehen. Nach 60tägigem beständigen Erdbeben erhob sich in einer Entfernung von 36 Stunden von dem Meere, mitten auf einer reichen, von zwei Flüssen bewässerten Ebene ein Vulcan, der Jorullo,

dessen Erscheinung die wohlbebauten Pflanzungen in ein Land der Verwüstung umwandelte. Der Ausbruch geschah am 29. September 1759, einige Zeit nach dem furchtbaren Erdbeben von Lissabon; — die Ebene im Umkreise von einer Fläche dreier Quadratmeilen, aus mergeligen Schichten bestehend, blies sich wie ein weiter Schild auf, dessen Rand durch eine Spalte von dem horizontal bleibenden Boden getrennt und über demselben in einer Höhe von 8 bis 10 Metern stehen

Fig. 905.



Durchschnitt des Jorullo.

a Die Ebene los Pastos. *b b* Curve der blasenförmigen Erhebung des Malpays. *c* Verticale Erhöhung dieser Ebene = 170 Meter. *e* Der Kegel des Jorullo mit dem Krater. *f* Hornilos auf dem erhobenen Malpays.

blieb. Um auf das erhobene Land, welches jetzt das Malpays genannt wird, zu gelangen, muss man also einen Einschnitt in diesem senkrechten, 8 Meter hohen Absturze suchen. Man gelangt nun auf eine fast regelmässig gekrümmte Fläche, die in der Mitte nabelförmig erhoben ist und hier eine Höhe von 170 Metern über dem horizontal gebliebenen Lande von los Pastos hat. Die ganze schildförmige Erhebung hat, der Ausdehnung ihrer Basis wegen, nur ein sehr geringes Gefälle, so dass sie für das Auge sogar zu schwach wird und ihm als Ebene erscheint, während durch Nivellirung erst die wahren Verhältnisse aufgefunden werden können. Die Natur der Schichten, aus welchen diese schildförmig erhobene Basis besteht, ist vollkommen dieselbe, wie diejenige des umgebenden horizontalen Landes; sie sind durchaus nicht von Auswürflingen des Vulcanes gebildet. Der Schild selbst scheint hohl im Innern; zahlreiche Spalten durchziehen den Boden, aus welchen beim Besuche **Alexander von Humboldt's** im Jahre 1802, also 43 Jahre später, sich noch Wasserdampf entwickelte; der Fluss Cuitamba, der früher vor der Erhebung des Berges die Ebene bewässerte, verliert sich jetzt auf dem östlichen Rande des Schildes in einer Spalte und erscheint am westlichen wieder in Gestalt von heissen Quellen, die nicht weniger als 62° Wärme besitzen. Auf dem ganzen Umkreise der schildförmigen Erhebung steht eine grosse Menge kleiner, 3 bis 4 Meter hoher Kegel, welche die Eingeborenen *hornitos* oder Oefen nennen, und aus welchen damals noch sich Wasserdampf entband. Diese Hornitos bestehen aus basaltischen Sphäroiden, von einem

Fuss bis zu einem Meter Durchmesser, welche durch eine mergelige, thonige Masse zusammengebacken sind und auf diese Weise ausserordentlich kleine Eruptionskegel darstellen. Die Basaltsphäroide zersetzen sich allmälig unter dem Einflusse der sauren Dämpfe in einen schwärzlichen, eisenhaltigen Thon mit gelben Flecken. In der Mitte des erhobenen Landes, etwas nach der Seite hin, erhebt sich nun der gewaltige Kegel des Jorullo, umgeben von mehreren kleineren Eruptionskegeln, die nach einer Linie gerichtet sind, so dass eine Spalte ihnen zum Grunde zu liegen scheint. Auf dem Kegel des Jorullo findet sich der Krater, leicht eingefressen auf der einen Seite durch einen gewaltigen Lavastrom, welcher sich aus ihm ergossen und eine basaltische schwärzliche Lava geliefert hat, die innerlich sehr compact, aussen schlackig ist und beinahe 200 Meter Dicke an ihrem Ursprunge hat, mithin nur als dicker Brei an die Oberfläche gekommen zu sein scheint. In der Lava selbst sind zerklüftete Stücke von Syenit oder Granit eingebacken, der hier die Basis der Anden bildet, aber nicht an der Oberfläche des Malpays erscheint, so dass er mithin von der Lava aus der Tiefe gebracht wurde.

Als Burkart 24 Jahre nach Humboldt den Jorullo besuchte, zeigten nur wenige Hornitos noch eine höhere Temperatur, keine stiessen mehr Dämpfe aus, die meisten waren sogar durch die Regengüsse zerstört und nur die mit basaltischem Kern versehenen zeigten noch eine Kegelform. Der Krater ist ganz zur Ruhe gekommen und besteht aus zersetzter Lava. Schleiden besuchte den Jorullo 19 Jahre nach Burkart und fand alle Thätigkeit gänzlich erloschen, die Vegetation wieder auf den Malpays vorschreitend. Dieser letztere Beobachter erhebt den entschiedensten Widerspruch gegen die Humboldt'sche Darstellung der blasenförmigen Erhebung des Malpays und erklärt dasselbe für alte, früher ergossene und zersetzte Lavamassen. In der That zeigt auch die schnelle Zerstörung der Hornitos, dass die basaltische Lava, welche der Jorullo lieferte, sehr bald sich unter dem Einflusse der entwickelten Säuren und der atmosphärischen Gewässer in Thon zersetzten.

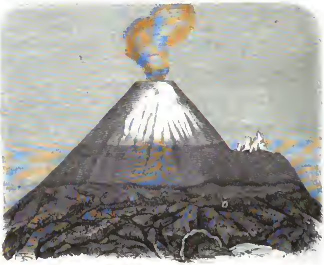
Centralamerika mit den Antillen bildet einen förmlichen Vulcan- §. 1215.
kranz um das caraibische Meer. Der Vulcan von St. Vincent, der Morne Garon genannt, ist besonders durch seine Aschenausbrüche bekannt; ebenso der Coseguina in Nicaragua, der im Jahre 1835 seine Asche bis 1100 Meilen weit schleuderte.

Die Vulcane der Cordilleren bilden drei grosse Reihen, welche durch zwei grosse vulcanfreie Zwischenräume von einander getrennt sind. Zwischen der Doppelreihe von Quito, die ein schmales Längsthal einschliesst und etwa zwanzig Vulcane besitzt, und der einfachen von Peru, die etwa fünfzehn zählt, findet sich ein Zwischenraum von

220 Meilen; zwischen der letztern nnd der 200 Meilen langen Reihe von Chile, die sich bis zur Südspitze ausdehnt und etwa dreissig Vulcane zählt, ein Zwischenraum von 90 Meilen.

Die Gestalten der südamerikanischen Vnlcane bieten eine unendliche Mannigfaltigkeit von Formen dar, von der reinsten mathematisch genanen Kegelgestalt des Cotopaxi (Fig. 906), dessen Kraterrand wie

Fig. 906.



Ansicht des Cotopaxi.

eine Mauerkrone den horizontal abgeschnittenen Gipfel bekränzt, bis zu der eigenthümlichen zerrissenen langgestreckten Kette des Pichincha, in deren zackigen Spitzen man am wenigsten einen Vulcan vermuthen sollte (s. Fig. 907). Die Umgegend von Quito, in welcher die eben-

Fig. 907.



Der Pichincha von der Hochebene von Quito aus.

a Der Rucu-Pichincha, auf welchem der Krater sich befindet. b Guagua-Pichincha. c La Cruz, Signalpunkt von La Condamine.

genannten Vulcane liegen, ist durch die vielfachste Arbeit europäischer Naturforscher sehr genau bekannt. Die vulcanischen Gipfel bilden hier

zwei Reihen von Kuppen, zwischen welchen das Hochthal von Quito sich hinzieht; überall zeigt sich die Einwirkung der vulcanischen Kräfte. Tiefe Spalten, sogenannte Guaycos, welche strahlenförmig von den Vulcanen auslaufen, durchkreuzen den Boden, und die einzelnen Theile der Stadt Quito sind durch Brücken, welche man über diese Spalten geworfen hat, mit einander verbunden. Der Pichincha selbst, welcher schon öfters ungeheure Massen von vulcanischem Sand und Wasser ausgeworfen hat, bietet mehrere durch ungeheure Klüfte von einander getrennte Partien dar. In der einen derselben, dem sogenannten Rucu-Pichincha, findet sich der ungeheure Krater, dessen Form fast die einer Acht darstellt, indem ein mittlerer Querdamm den Krater in zwei runde Kessel abtheilt. Erst in der neuesten Zeit gelang die Untersuchung des Kraters, über dessen fast senkrechte Felswände frühere Besteiger nicht hinabklettern konnten. Der Boden der beiden Kessel zeigt eine Menge kleiner Auswurfskegel und Spalten, aus welchen Flammen und Wasserdämpfe hervorbrechen; namentlich in dem einen der beiden Krater fanden sich diese Fumarolen in bedeutender Anzahl. Die Wände des Kraters, welche an vielen senkrechten Abstürzen etwa 1500 Meter Höhe haben sollen, bestehen aus ungeheuren Trachytblöcken, die im Westen zusammengestürzt waren und dadurch Gelegenheit zum Hinabsteigen gaben.

Diese Untersuchung des Pichincha bestätigt nur eine Ansicht, auf welche schon frühere Reisende gekommen waren, nämlich, dass alle vulcanischen Hochgipfel der Anden aus ungeheuren auf einander gethürmten Massen von Trachytblöcken bestehen, zwischen welchen leere Räume, gewaltige Höhlen existiren, welche den vulcanischen Dämpfen als Ausgangsmündungen dienen. Die ungeheure Masse des Chimborasso zieht bei Weitem nicht so sehr das Pendel an, als sie es thun müsste, wenn der ganze Berg eine einzige solide Masse wäre, und es sind mehrere Beispiele bekannt, wo hochaufgethürmte Gipfel der Andenkette in sich zusammenstürzten, und nach diesem Zusammenstürzen kaum die Hälfte ihres frühern Volumens einnahmen. §. 1216.

Die Vulcane der Anden sind ferner noch dadurch besonders ausgezeichnet, dass viele derselben keine Spur von Aschenkegeln oder von Laven darbieten, und somit die Ansicht, welche alle vulcanischen Kegel nur aus der Aufschüttung von Aschen und Laven herleiten möchte, auf sie durchaus keine Anwendung finden kann. Es scheinen im Gegentheil diese Massen von Trachytblöcken die geschichteten Sedimente und ungeschichteten Gesteine der Andenkette in solidem Zustande durchbrochen und über den Spalten sich aufgethürmt zu haben. In den meisten Fällen sind durch diese Aufschüttungen die Spalten weithin überdeckt worden, und es würde somit der Durchschnitt eines solchen Trachytkegels etwa die Form eines Schwammes darbieten, dessen Stiel

in der Erde sich fände, während der ausgebreitete Schirm auf dem Gebirgsstocke selbst mit seinen Rändern aufruhen würde. Für dies innere Hohlsein zeugt einerseits das Zusammenstürzen mancher dieser Gipfel, wie des Carguairazo und des Capac-Uru, andererseits der Umstand, dass bei vielen Ausbrüchen (des Antuco in Chile, des Carguairazo und anderer) ungeheure Wasserströme aus Seitenspalten der Kegel ausgespieen wurden, die schlammigen Thon, zermalmtes Gestein, organische Substanzen, Infusorien und sogar lebende Welse (***Pimelodus Cyclopum***) enthielten, ein Beweis, dass diese Schlammströme (Moya) keine erhöhte Temperatur hatten. Der südlichste Vulcan von Quito, der Sangay, 16 000 Fuss hoch, ist seit einem Ausbruche im Jahre 1728 noch nicht wieder zur Ruhe gekommen. In der neuern Zeit hat man an den Gehängen des Vulcanes von Maypo steil aufgerichtete Kalkschichten entdeckt, deren Versteinerungen diese Schichten als jurassische bezeichnen. An vielen Stellen sind diese Kalkschichten durch den vulcanischen Einfluss in Dolomit umgewandelt worden.

§. 1217. Unter den zahlreichen Vulcanen von Polynesien erwähnen wir nur die Vulcane der Sandwichsinseln, von denen der höchste, der Mouna-Roa, 4838 Meter über das Meer ansteigt. An der Seite dieses Kolosses liegt der Krater von Kiranea auf einer von steilen Abhängen begrenzten Hochebene, in einer Höhe von 1178 Metern über dem Meere. Man hat verschiedene Beschreibungen dieses ungeheuren Kraters, dessen Umfang von 8 bis 15 englische Meilen angegeben wird und der aus mehreren Terrassen besteht, die in der Mitte einen unge-

Fig. 908.



Fig. 909.



Plan und Durchschnitt des Kraters von Kirauea.

henren Lavasee in sich schliessen, der förmlich wogt und brandet nnd eine so dünnflüssige Lava besitzt, dass sie wie Glas in feine Fäden sich auszieht. Dieser Lavasee (Fig. 908) bildet eine mittlere Vertiefnng (*pp* Fig. 909), über welche sich eine scharf abgeschnittene Terrasse von 110 Meter Höhe erhebt, welche den Treppenahsatz *on n'o* bildet, hierauf folgt ein zweiter Absturz von 220 Meter Höhe, der die äussere Terrasse *mm'* bildet. Je nachdem der Lavasee höher oder tiefer steht, erfüllt er die eine oder andere dieser Terrassen nnd zuweilen entleert er sich durch Ausbrüche, welche indess nnr selten von Erdbeben begleitet sind, sondern im Gegentheile fast ruhig vor sich gehen, indem Spalten an der Seite des Berges sich öffnen, durch welche die Lava ihren Abzug nimmt. Die übrigen Vnlcane gleichen sich im Allgemeinen zu sehr, als dass wir hier weiter auf dieselben eingehen sollten.

Zum Schlusse verdient noch Neu-Sceland, das nns besonders §. 1218.
dnrch Hochstetter erschlossen wurde, specielle Erwähnung. Es finden sich dort auf der Nordinsel drei verschiedene vnlcanische Zonen, von welchen die eine um Auckland, durch ein etwa 8 Qnadratmeilen grosses Vulcanfeld ansgezeichnet ist, auf welchem sich über 60 Auswurfskegel erheben, deren keiner 1000 Fuss Höhe hat, während in der Zone des Taupo-Sees die heissen Quellen eine alles andere weit übertreffende Grossartigkeit zeigen, so dass heisse Seen und Wasserfälle gebildet werden, nnd die Kieselabsätze sich meilenweit ausdehnen, während eine dritte Zone im Westen um einen über 8000 Fuss hohen Kraterkegel, Taranaki oder Mount Egmont sich zeigt, der mit seiner Ranchsäule den Schiffern als Wahrzeichen dient.

3. Aeltere vnlcanische Bildungen.

Aus dem Vorhergehenden schon kann geschlossen werden, dass §. 1219.
die Unterscheidnng zwischen erloschenen und noch thätigen Vulcanen nicht unter allen Umständen festgehalten werden könne, indem die Perioden von Ruhe, welche alle Vulcane zeigen, so allmälig in den Znstand der gänzlichen Erschöpfung übergehen, dass keine Grenze gezogen werden kann, und andererseits wieder die Geschichte insofern trügerisch sein kann, als ein Vulcan, der Jahrhnnderte lang ruhte und zu den ansgestorbenen gezählt wurde, plötzlich wieder aufbrechen und eine nene Periode der Thätigkeit beginnen kann. Man könnte deshalb vorziehen, die eigentlich geologische Betrachtung der einzelnen Vulcane in mineralogischer Ordnung durchzugehen, nm so mehr, als bei dieser Anordnung zugleich ein engeres Verhältniss zwischen den nrsächlichen Phänomenen nnd den Producten derselben hervorgeht. Man

kann nämlich im Allgemeinen als Grundsatz festhalten, dass Vulcane während der gesammten Periode ihrer Thätigkeit stets nur Producte von einer und derselben chemischen Zusammensetzung geliefert haben, obgleich man auf der andern Seite diesen Grundsatz nicht so verstehen darf, als wenn man dadurch auch eine mineralogische Identität der Producte eines Vulcanes behaupten wollte; es zeigen sich im Gegentheile in den Laven sowohl wie in den Schlackenauswürfen leichte Unterschiede, sowohl durch die Aggregation als auch durch das verschiedene Verhältniss der krystallinischen Bestandtheile bedingt.

§. 1220. Die trachytischen Gesteine sind diejenigen, welche grösstentheils in die Zusammensetzung unserer heutigen Vulcane eingehen; sie nehmen auch einen bedeutenden Antheil an der Zusammensetzung jener älteren, ausgestorbenen Vulcane, welche in vielen Ländern sich vorfinden, obgleich hier die basaltischen Gesteine ihnen mehr und mehr den Vorsprung abgewinnen.

Im Allgemeinen zeigen sich die Trachyte und die ihnen verwandten Gesteine, wie Phonolithe, Andesite u. s. w., unter vielfachen verschiedenen Gestalten, bald als hügelförmige aus der Erde hervorgequollene Massen, welche offenbare Spuren feurigen Flusses an sich tragen und öfters mit Conglomeraten in Verbindung stehen, als Dome, Kegel, Kuppen; bald als unregelmässig aufgehäufte Massen oder steile Klippen; bald als Ströme oder Gänge; bald wieder als unregelmässig aufgehäufte Auswürflinge, welche als Schlackenkegel sich erheben, oder als Bimssteintuff weithin über ebene Flächen sich ausbreiten. Alle diese verschiedenen Arten des Erscheinens hängen, wie leicht abzusehen, hauptsächlich von der Art und Weise der Einwirkung ab, welcher die Trachyte bei ihrem Auftreten ausgesetzt waren. Wurden sie in breiigem Zustande aus Spalten emporgetrieben, über welche sie sich beim Erscheinen an der Oberfläche ausbreiteten, so entstanden jene schwammförmigen Massen, deren mehr oder minder steile Erhebung wohl auf die Weise zu erklären ist, dass der Mantel von Auswürflingen, welcher die aufsteigenden Massen umhüllte und stützte, in späterer Zeit nach der Erstarrung weggeführt wurde. Die steilen Gehänge, welche viele Phonolithklippen im Mont Dore, in Island und der Rhön, der Drachenfels bei Bonn in dem rheinischen Siebengebirge, sowie die Wolkenburg in demselben vulcanischen Gebirgszuge zeigen, mögen wohl auf diese Weise zu erklären sein. An den Rändern des erstern entdeckt man eine grosse Menge von Conglomerat, welches durch die Einwirkung des Trachyts auf den Grauwackenschiefer, der der schwammförmigen Ausbreitung zur Basis dient, entstanden scheint. Die Wolkenburg ist bekannt durch die wunderschönen prismatischen Säulen, welche bei den Trachyten seltener vorkommen, als massige oder plattenförmige Absonderung.

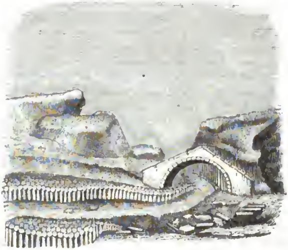
Der Basalt mit seinen verwandten Gesteinen, wie Dolerit, Anamesit, Trapp u. s. w. tritt meistens in compacten geflossenen Massen auf, welche kegelförmige Kuppen oder weite Felder und unterbrochene Decken bilden, die auf den ersten Anblick horizontal erscheinen, bei genauerer Nivellirung aber stets eine gewisse Neigung zeigen, welche nach dem Orte hinweist, von welchem aus sie ihren Ursprung nahmen. Meistens sind diese Felder vielfach über einander gelagert, treppenartig (daher der Name Trapp) abgestuft, mit Conglomeraten, aus Zersetzung hervorgegangenen Thonschichten wechsellagernd und oft von einer unregelmässig gespaltenen Trümmerschicht bedeckt, unter welcher der compacte Basalt, in regelmässige Säulen getheilt, hervortritt. Oefters ist diese obere Decke aus Wacken, aus Tuffen oder auch aus Schlacken gebildet, obgleich diese letzteren besonders in Deutschland verhältnissmässig selten vorkommen. Die Basaltschlacken unterscheiden sich wesentlich von den Schlacken der trachytischen Laven, indem sie nicht solche ausgezogene Blasenräume und ein solch faseriges Ansehen besitzen, wie diese letzteren, sondern mehr den Schlacken eines Hochofens durch Festigkeit und Stärke sich annähern. Das grösste Basaltfeld findet sich im Dekhan in Indien, von einem Flächenraum wie Deutschland, und ein Plateau von 3000 bis 4000 Fuss Höhe über dem Meere bildend. §. 1221.

Die basaltischen Massen sind in vielen Fällen aus der Erde hervorgedrungen, durch Spalten, welche zuweilen dadurch sichtbar werden, dass die Masse nicht hinlänglich war, um auf der Oberfläche schichtförmig sich auszudehnen, und dass sie dann nur eine vorragende Mauer bildete, welche durch die Degradation der umgebenden Gebilde zu Tage geht. In solchen Fällen zeigt sich oft das Innere des Ganges von Pechstein gebildet, welcher zu dem Basalte in ähnlichem Verhältniss zu stehen scheint, wie der Obsidian zu den Trachyten. Ausserdem zeigt sich der Basalt in wirklichen Lavaströmen in Gängen, in Kuppen und Kegeln, die ebenfalls wie Schwämme mit nach unten gehenden Spalten in Verbindung stehen.

Die prismatische Säulenstructur, welche allen Basalten sowie den Trappgebilden gemeinschaftlich zukommt, hat die mannigfaltigsten Discussionen über die Art und Weise ihrer Entstehung herbeigeführt, und erst die Beobachtung prismatischer Lavaströme am Aetna und Vesuv war im Stande, diese Structur als eine Folge der innern Zusammenziehung, welche die geschmolzene Masse beim Erkalten erleidet, allgemein anerkennen zu lassen. Die einfache Beobachtung zeigte schon, dass die Prismen stets nur in solchen Massen sich gebildet hatten, welche eine äusserst homogene Structur besassen, und dass die Stellung derselben in genauem Verhältniss zu den Oberflächen stand, welche die basaltischen Massen besassen. In den horizontal ausgebreiteten Basalt- §. 1222.

lagern standen die Säulen in verticaler Richtung auf der Bodenfläche und bilden so jene Riesendämme oder Säulenwege, die man an vielen Orten, besonders in Irland, Central-Frankreich etc., beobachtet. Die Abbildung eines solchen Riesendammes aus dem Departement der Ardèche am Ufer des Volant (Fig. 910) zeigt deutlich diese senkrechte

Fig. 910.



Riesendamm am Ufer des Volant.

Säulenstellung. In Gängen, die von senkrechten Wänden eingeschlossen waren, lagern sich hingegen die Säulen horizontal auf einander, sind geschichtet gleich Baumstämmen in einem Holzklafter, wie dies Fig. 911 in der Abbildung eines prismatischen Basaltganges zeigt. In den conischen Hügeln oder glockenförmigen Massen, welche die Basalte

Fig. 911.



Fig. 912.



Säulenbasalt im Vicentin.

häufig bilden, neigen sich die Prismen von allen Seiten her nach dem Mittelpunkte, einen Fächer auf dem Durchschnitte bildend, dessen einzelne Blätter nach allen Seiten hin ausstrahlten.

Besonders schöne Säulenbildung findet man an dem Bilstein bei Lauterbach, am Fetzberg und Staufenberg bei Giessen, am Menderberg bei Linz, an den Bergen bei Stolpen und Zittau in Sachsen u. s. w.

Aus diesen überall leicht zu beobachtenden Verhältnissen ging §. 1223. demnach auf das Ueberzeugendste hervor, dass die Prismen überall senkrecht auf den Erkaltungsoberflächen der geschmolzenen Masse stehen, und dass somit die Säulenbildung kein Product eines der Krystallisation ähnlichen Processes, sondern vielmehr der Zusammenziehung, die nothwendig bei dem Erkalten statthaben musste, zuzuschreiben sei. Wäre diese Erkaltung von allen Seiten her gleichmässig nach dem Innern fortgeschritten, indem sie auf eine Masse wirkte, welche auf allen Seiten der Wärmestrahlung eine gleichmässige Fläche bot, so hätte sie als Endresultat eine Absonderung der geschmolzenen Masse in lauter kugelförmige Stücke hervorbringen müssen, welche Stücke wieder aus concentrischen Schalen zusammengesetzt waren. Da indess die Basaltmassen, mögen sie nun in der Form von Gängen oder von Plateaus der Erkaltung überlassen gewesen sein, stets grosse Platten bildeten, welche nach zwei Seiten hauptsächlich Wärme ausstrahlten, so konnte die Zusammenziehung, die in Folge dieser Wärme sich kundgab, auch nur in einer durch diese bestimmten Richtung wirken, und musste deshalb linear-ausgedehnte Massen abtrennen, statt Kugeln hervorzubringen. Sobald einmal die ursprünglichen Risse, welche durch die Zusammenziehung entstanden waren, sich geöffnet hatten, so bildeten diese wieder Oberflächen, auf welchen eine Ausstrahlung von Wärme stattfand, wodurch denn jene Querspalten entstanden, welche so oft die Säulen trennen und zuweilen selbst in regelmässige Abtheilungen zerlegen, die in ihrem Innern blätterförmige Structur zeigen. Die Prismenbildung ist demnach um so vollständiger, je homogener die Masse war, welche erkaltete, so dass auf allen Seiten eine gleiche Anziehung in den erkalteten Massen zwischen den einzelnen Molecülen derselben herrschte; sie ist um so vollständiger, je langsamer die Masse erkaltete und je mächtiger diese Masse war, in welchem Falle die etwaigen Unebenheiten und Ungleichheiten der wärmestrahlenden Oberflächen ausgeglichen wurde. Endlich gehört noch ein gewisses Verhalten der Masse, eine gewisse Sprödigkeit beim Erkalten zur vollständigen Hervorbringung schöner prismatischer Säulenabsonderungen. Wir sehen in den jetzigen Laven hauptsächlich deshalb so selten Säulen sich bilden, weil die Masse ungemein lange Zeit in einem gewissen dehnbaren Zustande bleibt, welcher ihr erlaubt, beim Erkalten sich zusammenzuziehen, ohne sich zu zerklüften, und man kann wohl den Unterschied

zwischen den trachytischen und basaltischen Laven hinsichtlich ihres Verhaltens beim Erkalten nicht besser ausdrücken, als indem man die Trachyte mit den von den Kochkünstlern sogenannten langen Brühen vergleicht, während die Basalte kurze Brühen darstellen, die bei dem Erkalten vollständig erstarren. Die langen Brühen hingegen bilden beim Erkalten eine breiige Masse, die noch lange eine zähe Flüssigkeit behält.

§. 1224. Was nun die Verhältnisse der basaltischen Gebilde selbst betrifft, so waren diese im Anfange unseres Jahrhunderts der Gegenstand eines ausserordentlich lebhaften Streites, welcher erst durch die genauere Beobachtung und Untersuchung der vulcanischen Gebilde in Central-Frankreich entschieden wurde. Die Auvergne, das Velay und das Vivarais bilden deshalb die classische Gegend der Basalte, und namentlich die erstere Gegend, da dort die Beziehung der Basalte zu wahren Vulcanen auf das Klarste hervortritt. Es giebt in der Auvergne Basaltströme, welche sich durchaus so verhalten, wie die wohlcharakterisirtesten Lavaströme; sie entspringen aus einem Schlackenkrater, ergiessen sich weithin in die Thäler und sind auf ihrer Oberfläche ebenso mit Schlacken bedeckt, wie die wohlcharakterisirtesten Lavaströme der neueren Vulcane. An vielen Orten findet man auf diesen Lavaströmen Spuren jener Eruptionen von Wasserdampf, welche die Schlackenmasse kegelförmig in die Höhe getrieben haben. Der Strom des Vulcanes von Graveneire bietet eins der schönsten Beispiele eines solchen basaltischen Lavastromes dar; in gewaltiger Breite ist der flüssige Basalt aus dem halbzerstörten Krater hervorgebrochen, und hat sich beim Auftreffen auf einen Kegelberg, den Puy de Griou, in zwei Arme getheilt, deren Oberfläche mit mächtigen Schlacken bedeckt ist, und deren Mächtigkeit im Allgemeinen etwa 30 Meter betragen mag. Der Puy de Chalusset hat einen andern Strom ausgespieen, auf dessen Oberfläche man bis in die Höhlung des Kraters selbst eindringen kann. Die Mächtigkeit dieses in schöne Säulen getheilten Basaltstromes beträgt an vielen Orten bis zu 400 Fuss. Der Strom selbst ist, wie Fig. 913 zeigt,

Fig. 913.



Durchschnitt des Bettes der Sioule bei den Grotten von Pranal.
a Gneiss. *b* Lager von Geröllen. *c* Basalt. *d* Die Sioule.

in das Bett der Sioule hinabgeflossen, und hat dieses ursprünglich ganz erfüllt, so dass dieser Fluss sich ein neues Bett auf der Grenze zwi-

schen dem Basalt und der Gneisswand seines alten Thalweges graben musste; der Basalt ist hier seitlich angefressen und hier und da ausgehöhlt, so dass er Grotten bildet, welche unter dem Namen der Grotten von Pranal bekannt sind. Der Basaltstrom selbst ruht auf einer Schicht von wohl abgerundeten Geröllen, welche offenbar einst das Bett der Sioule bildeten, und ist prismatisch gespalten je nach der Fläche, die er berührt.

Zwar hat man in neuester Zeit mit gänzlicher Beiseitesetzung aller geologischen und mikroskopischen Beobachtungsreihen aufs Neue wieder den alten Streit über den Ursprung der Basalte aufwärmen und ihre Entstehung aus wässerigem Niederschlage behaupten wollen, indessen dürfte dieser Versuch doch misslungen sein, so dass wir uns bei der Discussion der dafür vorgebrachten chemischen Gründe nicht länger anfhalten wollen.

Beide Gesteinsreihen, trachytische wie basaltische, bilden zusammen die meisten alten, erloschenen Vulcangruppen, von welchen wir nur die bedeutendsten erwähnen.

In Centralfrankreich bilden die vulcanischen Gebilde mehrere §. 1225.
Gruppen, unter welchen die Kette der Puys bei Clermont, die Gruppen des Mont Dore, des Cantal und die des Velay und Vivarais sich besonders auszeichnen.

Die Kette der Puys bei Clermont bildet eine lange, fast genau von Nord nach Süd streichende Reihe von parasitischen Kegeln und Kuppeln, welche mehr oder minder vollkommene Kegelform besitzen und auf dem hohen granitischen Plateau der Auvergne (Fig. 914) aufsitzen. Die Länge der Kette beträgt etwa acht Stunden in gerader

Fig. 914.



Vulcankette der Auvergne.
a Puy de Dôme.

Linie; der höchste Gipfel, der Puy de Dôme, erhebt sich zu einer Höhe von 1476 Metern über dem Meere, 500 Meter über das Plateau, welches ihn, wie die anderen, als gemeinschaftliche Basis trägt. Die am weitesten verbreitete Felsart ist jene Abart des Trachytes, welche im ersten Bande (Cap. 2) als Domit bezeichnet wurde. Dieser Domit bil-

det entweder unförmliche Massen oder auch Schlacken- und Aschenanhäufungen, aus welchen die Kegel und Krater zusammengehäuft sind. Fast sämmtliche Puys sind Krater, die auf der einen Seite eingestürzt sind und hier einem Lavastrome Ausfluss gegeben haben; sie bestehen aus rauschendem Schlackengerölle, die wie Maulwurfshaufen aufgeschüttet sind, und oft finden sich am Fusse der grösseren Krater noch kleinere parasitische aufgehäufte Aschen- und Schlackenmassen; die domitischen Pics, welche keine Krater besitzen, scheinen als Erhebungsmittelpunkte betrachtet werden zu müssen, um welche herum die eigentlichen Auswurfskegel sich lagerten. Es würde zu weit führen, hier näher auf die Beschreibung der einzelnen Puys einzugehen; wir erwähnen nur diejenigen, welche besonders merkwürdig sind.

§. 1226. Der Puy de Chopine mit dem ihn halbkreisförmig umgebenden Puy des Gouttes bietet mehrere eigenthümliche Verhältnisse dar (siehe Fig. 915). Der Puy de Chopine bildet einen kegelförmigen Berg mit

Fig. 915.



Ansicht des Puy Chopine und des Puy des Gouttes im Nordwesten von Clermont.

a Puy Chopine. *b* Puy des Gouttes.
1 Mit Vegetation bedeckte Stellen. 2 Vulcanische Trümmer. 3 Schlackenkegel des Puy des Gouttes. 4 Domit. 5 Basalt. 6 Granit.

ziemlich steilen Abhängen von 1192 Meter Höhe, der sich 192 Meter über das Granitplateau erhebt und grösstentheils aus festem, anstehendem Domit (4) oder aus domitischen Trümmern (2) besteht. Auf der einen Seite des Berges aber finden sich, theils in anstehendem Domit, theils in Trümmern eingeschlossen, mehrere bedeutende Massen wohl charakterisirten Granites, der sehr feinkörnig ist und stark zertrümmert sich zeigt. Unter diesem Granite (6), der nur wenig Quarz enthält und offenbar durch die Erhebung des Domites auf den Gipfel des Berges gehoben wurde, findet sich ein Querband eines schwarzen vulcanischen Gesteines (5), welches man für Basalt halten kann, das aber

eher eine schwarze Trachytvarietät zu sein scheint. Der Puy des Gouttes (3), welcher den Puy de Chopine wie ein Halbkreis umgiebt, scheint nur aus Schlackentrümmern und Aschenmassen aufgehäuft zu sein. Es beweist dies Beispiel jedenfalls, dass der Domit aus der Tiefe in ganzer Masse emporgehoben wurde und das Stück Granit, welches die Oeffnung deckte, mit sich emporriss und jetzt auf dem Gipfel trägt. — Der Puy de Dôme, der kleine Suchet und der grosse Sarconi sind ähnliche Domitmassen, ähnlich in vieler Beziehung den Trachytkegeln der Anden, und bei dem Sarconi wiederholt sich dieselbe Erscheinung, wie bei dem Puy de Chopine, indem der kleine Sarconi, ein aus Schlacken zusammengehäufter kreisförmiger Berg, den grossen Sarconi ebenso umgiebt, wie der Puy des Gouttes den Puy de Chopine.

Die Gruppe des Mont Dore im Südwesten von Clermont bildet eine isolirte elliptische Masse einer Menge zerrissener Gipfel, welche in langer Linie sich an einander reihen und etwa zwölf Stunden im Umfange haben mögen. Das ganze Gebirge besteht aus auf einander geschichteten Lagern von Trachyt und Basalt, die mit Conglomeraten abwechseln. Die Trachyte sind von basaltischen Gängen und Säulen durchbrochen und die weiten Basaltfelder finden sich nur in der Umgebung der Gruppe. Der Trachyt bildet geflossene Felder von porphyrischer Structur und brauner Farbe, die sich nach mehreren Mittelpunkten hin erheben, in welchen Phonolithe aus der Erde aufsteigen. Der Phonolith scheint demnach hier die Ausfüllung der zerstörten Krater und Aschenkegel gebildet zu haben. Hier und da findet man auch mit trachytischer Masse ausgefüllte Gänge. §. 1227.

Die Gruppe des Cantal im Südwesten von dem Mont Dore bietet eine ebenso isolirte Masse von höchst einfacher Structur. Es ist ein fast vollkommener runder Kegel mit breiter Basis, concentrisch nach der Mitte hin sich hebenden Wänden, der eine mittlere Aushöhlung bildet, in welcher die erhebenden Massen stehen. Der Cantal ist demnach ein wahrer Ringvulcan, der in der Mitte steile Abstürze nach innen zeigt, welche gegen die Phonolithmassen des Plomb du Cantal gewendet sind, und dessen geneigte Flächen nach aussen hin von trachytischen Conglomeraten, geflossenen Trachyten und Basalten gebildet werden. §. 1228.

Der Phonolith, welchen wir schon öfters erwähnten, gehört wesentlich seiner Zusammensetzung wie seinem Verhalten nach zu den trachytischen Gesteinen. Er bildet meist Gänge oder noch häufiger isolirte Felsmassen, welche mit schroffen Wänden nackt und kahl aus der Mitte der umgebenden Gesteine emporsteigen und meist sehr kühne, pyramidale Formen haben. Die Absonderungen in prismatische oder schiefrig zusammengehäufte Elemente sind äusserst häufig §. 1229.

in den phonolithischen Gesteinen, welche im Allgemeinen in mehr oder minder breiigem Zustande aus der Erde emporgestiegen zu sein scheinen und in vielen vulcanischen Gegenden als die wahren Mittelpunkte sich hinstellen, von welchen aus die Schichten der Umgebung mantelartig abfallen. Wahrscheinlich bildeten solche Phonolithe Domvulcane oder Ausfüllungen der Schmelzräume, deren lockere Umgebung weggespült wurde. So ist, wie eben erwähnt, der Cautal offenbar ein Centralvulcan, in dessen Mitte die phonolithischen Massen, rings von steilen Abstürzen zerrissener Trachyte umgeben sich finden; so zeigen sich die Roche Sanadoire, ausgezeichnet durch schöne, regelmässige Prismen, und die Roche Tuilière des Mont Dore im Centrum, von welchem aus die Lavaströme nach allen Seiten hin abflossen. Letztere in ihrer äussern Contour mehr abgerundete Felsmasse ist besonders deshalb merkwürdig, weil sie einerseits in grosse, grobe, senkrechte Säulen getheilt ist, welche wieder durch horizontale Querrisse und Spalten in schiefrige Platten sich spalten, die in dem Lande als Dachziegel benutzt werden.

§. 1230. Wie schon erwähnt, giebt es nirgend deutlichere, aus Auswurfskegeln geflossene Basaltlavaströme, als in der Auvergne. Im Allgemeinen scheinen die Basalte jünger, als die Trachyte; indess finden sich an einigen Stellen merkwürdige Zwischenlagerungen des Basaltes mit den jüngeren tertiären Süsswasserkalken der Auvergne, deren im ersten Bande Erwähnung gethan wurde. An dem Gergovia finden sich horizontale Basaltlager eingeschlossen zwischen den Lagern des Süsswasserkalkes, welcher dadurch eine vollkommene Veränderung erlitten hat. An dem Fusse des Berges sieht man die Kalklager durchaus unverändert, während in der Höhe, wo die Basaltgänge zwischen sie eindringen, der Kalk vollkommen krystallinisch geworden und mannigfach zerklüftet ist. In dieser krystallinischen Masse finden sich bedeutende Quantitäten basaltischen Gesteines eingesprengt. Es unterliegt somit keinem Zweifel, dass der Basalt des Gergovia erst nach der Ablagerung des Süsswasserkalkes aus der Erde hervorbrach und eine bedeutende modificirende Einwirkung auf denselben ausübte.

§. 1231. Die geologische Epoche, in welcher die Basalte der Auvergne erschienen, kann durch das eben erwähnte Beispiel, sowie durch manche andere, mit genügender Sicherheit ermittelt werden. Bei St. Privaz de l'Allier befindet sich eine Basaltmasse, welche mehrere über einander gelagerte Säulenabtheilungen zeigt, die durch bedeutende Schlackenlager von einander getrennt sind. Innerhalb dieser Schlackenlager hat man Knochen von Hyänen, Hirschen und Nashörnern gefunden, welche von geflossenem Basalte überdeckt waren. Wahrscheinlich bewohnten die ersteren dieser Thiere Höhlen in dem ältern Basalte und wurden

durch einen neuen Ausbruch getödtet und begraben. Es zeigt sich aus diesem paläontologischen Ergebniss, dass die Basalte der letzten Epoche angehören, und dass seit ihrem Erscheinen keine bedeutende Veränderung mehr den Boden der Auvergne betroffen hat.

Indess weisen viele Erscheinungen darauf hin, dass die basaltische Zeit eine Epoche von sehr langer Dauer war, während welcher in gewissen Zeiträumen Ausbrüche auftraten, die durch lange Perioden von einander getrennt waren. So findet man in dem Lavastrome des Tartaret vier über einander gelagerte Massen von Basalt, welche durch sehr lange Zwischenräume getrennt sein müssen, da ihre Oberflächen bedeutende Degradationen erlitten haben. Der Basalt ist aber eine von denjenigen Felsarten, welche am allerwenigsten verwittern, und man hat Römerstrassen in der Auvergne gefunden, welche, obgleich vor mehr als 2000 Jahren angelegt, dennoch kaum die geringste Veränderung erlitten hatten. Vergleicht man diesen für die menschliche Geschichte sehr langen Zeitraum mit den Erosionen, welche in den älteren Basaltströmen der Auvergne stattfanden, so ergiebt sich daraus eine fast unberechenbare Zeitdauer. Es finden sich mehrere Localitäten, wo ein älterer Basaltstrom das ursprüngliche Bett eines Flusses erfüllt hat, so dass dieser genöthigt war, sich ein neues Bett zu graben. In diesem neuen Bette ist dann ein neuer Basaltstrom geflossen, welcher den Fluss zum zweiten Male in seinem Laufe änderte; es musste also zwischen dem Erscheinen des einen und des andern Lavastromes eine Zeit verflossen sein, hinlänglich um eine bedeutende Erosion des ältern Stromes zu gestatten. §. 1232.

Das mineralogische Verhalten weist schon einen bedeutenden Unterschied zwischen den älteren und neueren Basalten der Auvergne nach. Die älteren nähern sich mehr dem Phonolith, sind äusserst compact und zähe, und enthalten weniger Peridot als die neueren, welche sehr krystallinisch sind, Blasen und Zellenräume zeigen, ähnlich den neueren Laven, und eine grosse Menge von Peridot zerstreut oder selbst in Nestern enthalten. Ebenso zeigen sich bedeutende Verschiedenheiten hinsichtlich des geologischen Verhaltens insofern, als die neueren Basaltströme zu noch erhaltenen Kratern und Schlackenkegeln hinführen, während die älteren hauptsächlich aus Spalten hervorgequollen zu sein scheinen, und die etwaigen Schlackenkegel, welche sie besassen, ohne Zweifel durch dieselben Ursachen weggeführt wurden, welche die bedeutendere Erosion der Thäler in der Auvergne bedingten, innerhalb deren die neueren Basaltströme sich ausbreiteten. Es weisen übrigens alle Erscheinungen darauf hin, dass die Basalte der Auvergne frei an der Luft, und nicht, wie man zuweilen wohl hat behaupten wollen, auf dem Boden von Gewässern geflossen sind, und dass sie demnach ihre §. 1233.

prismatische Structur nicht der Berührung mit Meerwasser, sondern der geringen Neigung der Flächen, auf welchen sie strömten, und ihrer langsamen Erkaltung verdanken.

§. 1234. Die erloschenen Vulcane Deutschlands bieten manche interessante Verhältnisse dar, welche in mancher Beziehung den eben beschriebenen der Auvergne sehr ähnlich sehen, obgleich ihr Verhalten bei Weitem nicht so überzeugend auf den Zusammenhang der Basalte mit den Vulcanen hinweist, als dies in der Auvergne der Fall ist. Man kann im Allgemeinen die älteren vulcanischen Gebilde, namentlich die Basalte und Phonolithe als eine weite Zone betrachten, welche im Westen in der Eifel beginnt, durch die rheinischen Basaltgebirge und die Trappe des Siebengebirges, des Westerwaldes, des Vogelsgebirges, der Hohen Rhön und des Erzgebirges bis nach Böhmen hin sich zieht und an allen diesen Orten eine grosse Menge eigenthümlicher Erscheinungen darbietet, welche einer nähern Erörterung bedürfen.

§. 1235. Im Allgemeinen bieten die deutschen Basalte weite horizontale Lager dar, welche meistens auf Schichten von Wacken, vulcanischen Sand- und Bimsstein, auf Thon und Braunkohlenlagern aufruhen, und sehr oft die obersten platten Gipfel der Höhenpunkte bilden, so dass man sie ihrer Lagerung nach als die obersten Schichten der geologischen Formationen betrachten konnte. In der That verfiel auch Werner in diesen Irrthum, indem er die Basalte mit den Braunkohlen zu einer und derselben Formation zählte und behauptete, dass sie wie andere Schichten im Wasser sich abgesetzt hätten. Dieser Irrthum, welcher im Anfange dieses Jahrhunderts die heftigsten Streitigkeiten hervorrief, wurde noch bekräftigt durch den Umstand, dass die meisten deutschen Basaltlager keine Schlacken auf ihrer Oberfläche zeigten und auch mit keinen Aschenkegeln in Verbindung gebracht werden konnten, so dass ihre Vergleichung mit Lavaströmen einige Schwierigkeiten hatte. An vielen Orten zeigten sich indess bald Verhältnisse, welche bewiesen, dass die basaltischen Kuppen wirklich mit Gängen und Spalten in Verbindung standen, durch welche sie aus der Tiefe aufgestiegen waren, und sogar bei diesem Durchbruch die umliegenden Gesteine wesentlich verändert hatten.

§. 1236. In der sogen. Pflasterkante bei Eisenach, wo man den Basalt als Strassenmaterial ausbeutet, schritten die Arbeiten allmälig so weit vor, dass die schwammartige Gestalt der basaltischen Kuppe deutlich wurde und man den Contact des basaltischen Ganges mit den umliegenden Sandsteinschichten näher untersuchen konnte. Diese letzteren zeigten sich in der Nähe des Basaltganges merklich aufgehoben, und boten Veränderungen dar, welche ganz denen gleichen, die man an solchen Sandsteinen beobachtet, welche zur innern Bekleidung von

Hochöfen benutzt wurden. Der bunte Sandstein ist weiss oder schwärzlich geworden und hat so sehr seine Textur verloren, dass er mehr einem körnigen Quarzit gleicht oder selbst in Jaspis umgewandelt ist. Man findet viele eckige Bruchstücke des Sandsteines von der Basaltmasse umschlossen und in diese eingesprengt, ein Beweis, dass der Basalt in flüssigem Zustande durch den zertrümmerten Sandstein in die Höhe gestiegen sein muss. An einigen Stellen hat der Sandstein durch die Einwirkung der Hitze ganz dieselbe prismatische Zusammensetzung erhalten, wie die Basalte selbst.

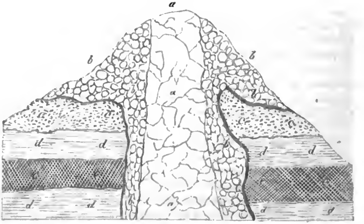
Andere Beispiele aus den deutschen Gebirgen beweisen indessen §. 1237.
auf das Deutlichste, dass der Basalt durch Gesteine aller Art durchgebrochen ist, und dass die Epoche seiner Erscheinung verhältnissmässig neuer war, als der Absatz aller älteren geschichteten Formationen. So findet sich in der Nähe von Kissingen bei Donau-Eschingen, an dem Südabhange der schwäbischen Alp, ein Basaltgang, welcher durch die jurassischen Mergel und zwar der obern Abtheilung durchgebrochen ist und mauerförmig über dieselben sich erhebt. Dieser basaltische Gang schliesst ziemlich viele Fragmente von Mergeln ein, welche indess nicht denjenigen Mergeln angehören, durch welche er zu Tage geht, sondern vielmehr durch die Fischabdrücke und andere Fossilien, die sich darin finden, als zur Liasgruppe gehörig sich ausweisen. Diese Einschlüsse beweisen offenbar, dass der Gang aus der Tiefe hervorgebrochen ist, indem er sonst nicht Fragmente einschliessen könnte, welche weit tiefer liegenden Schichten angehören.

Der Meissner im Kurfürstenthum Hessen ist eine der bekanntes- §. 1238.
sten Bergkuppen wegen der besonderen Lagerungsverhältnisse, die er darbietet. Die Basis des Gebirges wird aus steil geneigten Schichten von Muschelkalk und buntem Sandstein gebildet, über welchen eine horizontale Schicht von thonigem Mergel ausgebreitet ist, welche bedeutende Braunkohlenlager enthält. Der Thon wird zur Fabrikation der berühmten hessischen Tiegel, die der bedeutendsten Glühhitze widerstehen, die Braunkohle als Brennmaterial ausgebeutet. Ueber der Braunkohle befindet sich ein horizontales Lager von compactem Basalte, der durch eine Zwischenschicht von Sandstein von dem Thon und den Braunkohlen getrennt ist. Weiter nach oben hin bekommt der Basalt eine schalige, plattenförmige Structur und geht an der Oberfläche des Berges in einen förmlichen Dolerit über. Die Ausbeutung der Braunkohle hat entdecken lassen, dass das horizontale Basaltlager mit einem Gange zusammenhängt, welcher die Braunkohlenschicht durchbrochen hat. An den Berührungsstellen des Basaltes mit der Braunkohle ist diese letztere in Anthracit und Graphit umgewandelt, ein Beweis, dass der Basalt in noch heissem flüssigen Zustande die Braunkohle durch-

brach. Dass diese nicht verbrannte, sondern nur mehr verkohlt wurde, erklärt sich ebenso gut, wie die Erhaltung von verkohlten Baumstämmen unter glühenden Lavaströmen aus dem Umstande, dass der flüssige Basalt, welcher über das Braunkohlenlager sich hin ergoss, von diesem den Zutritt der Luft abhielt und somit ein gänzliches Verbrennen verhinderte.

§. 1239. Aehnliche Verhältnisse, wie an dem Meissner, zeigen sich an dem sogen. Ziegenkopfe am Habichtswalde in der Nähe, nnr mit dem Unterschiede, dass vielleicht nirgends so schön die schwammförmige Gestalt einer Basaltkuppe und das Verhältniss des Schwammes zu dem innern Gange hervortritt, als an dieser Kuppe, wo bergmännische Arbeiten die Verhältnisse aufdeckten. Der Boden der Gegend selbst wird von abwechselnden Schichten von tertiärem Sande (*c*), Thon (*d*) und Braunkohlen (*e*) gebildet, die man ausbeutet. Alle diese Schichten sind von einer gewaltigen Basaltmasse durchbrochen, welche senkrecht

Fig. 916.



Durchschnitt des Ziegenkopfes am Habichtswalde.

a Compacter Basalt. *b* Basalt-Conglomerat. *c* Tertiärer Sand. *d d* Thonlager. *e* Braunkohlen.

aufsteigt, in der Mitte ans compactem Basalte gebildet wird (*a*), während seitlich dieser compacte Basalt von mächtigen Conglomeraten eingehüllt wird. In der Nähe der Conglomerate sind die Braunkohlen verkocht nnd verändert. Dieselbe Schwammgestalt der Basaltkuppen und Lager wurde am Druidenstein bei Kirchen unweit Siegen, im Schlossbrunnen bei Stolpen in Sachsen nachgewiesen.

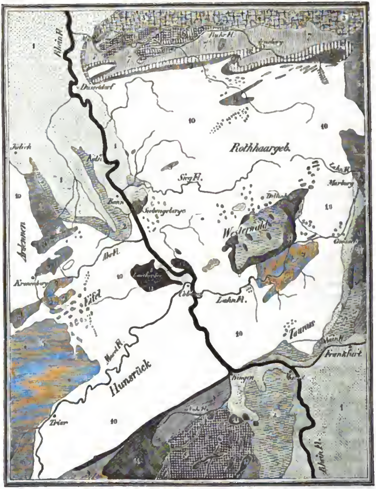
§. 1240. Wie in den eben angeführten Beispielen vom Ziegenkopfe nnd vom Meissner, so zeigen sich anch an den meisten Orten Dentschlands die

Basaltfelder in innigem Zusammenhange mit den Braunkohlenablagerungen, von welchen sie meist durch mehr oder minder bedeutende Lager basaltischer Wacken getrennt sind. Die Wacken sind, wie schon früher angedeutet wurde, eigenthümliche Ablagerungen basaltischer Trümmermassen, welche meist unterhalb einer Bedeckung von Wasser sich aufs Neue schichteten und zusammengebacken wurden und deshalb sehr häufig Abdrücke von Blättern, Früchten und anderen vegetabilischen Resten enthalten. Oefters wechseln sie in vielfach wiederholter Reihenfolge mit den Basalten ab, und man hat in Böhmen Basaltfelder beobachtet, wo eine solche Wechselschichtung der Wacken mit compacten und oft auch prismatisch abgesonderten Basaltschichten bis ins Hundertfache sich wiederholt.

Bedenkt man nun, dass die Braunkohlenlager theils aus überschwemmten Wäldern, theils aus modificirten Torfablagerungen hervorgingen, mithin die Niederungen des Landes einnahmen, so ergiebt sich die Erklärung dieser Verhältnisse auf die ungezwungenste Weise. Der Basalt brach flüssig durch Spalten aus der Tiefe hervor, floss nach den überschwemmten Niederungen und bedeckte diese mit weit ausgedehnten Lavaströmen, und da die Perioden, während welcher sich diese Erscheinungen fortsetzten, ungemein lange Zeiträume umfassten, so konnten öftere Wechsel von Ueberschwemmungen, basaltischen Aschenregen, welche in den Wasserbecken die Wackenschichten bildeten, und basaltischen Lavaströmen auf einander folgen. Zuweilen selbst wurden die Wacken erst nach ihrer vollständigen Consolidation von dem in feurigem Flusse befindlichen Basalte überdeckt, und dadurch an einigen Orten prismatische Absonderungen der Wacken bedingt. §. 1241.

Bei genauerer Untersuchung der vulcanischen Gebilde Deutschlands liessen sich indess ausser den angeführten Erscheinungen viele andere Verhältnisse finden, welche bewiesen, dass ausser dem Ausbruche der Basalte durch Spalten in Deutschland auch wirkliche Krater, Schlackenkegel mit Lavaströmen und weite Ausdehnungen von vulcanischen Auswürflingen, Sand, Bimsstein und Asche sich fanden. Die Vulcane der Eifel, welche bis in die Nähe von Coblenz auf dem linken Rheinufer sich hinziehen, und auf der nebenstehenden Karte des rheinischen Uebergangsgebirges sich in ihrer Lage nebst dem Westerwalde und dem Rande des Vogelsberges zeigen (siehe Fig. 917 a. f. S.), sind in dieser Beziehung eine classische Gegend geworden. Auf einem Gebiete, das etwa 60 Quadratmeilen umfassen mag, findet sich hier eine Menge vulcanischer Durchbrüche durch die Grauwackenschiefer, die Kalk- und Sandsteinschichten der devonischen Gebilde. Man kann im Allgemeinen die vulcanischen Gebilde der Eifel in zwei Abtheilungen bringen. Diejenigen der hohen Eifel bestehen besonders aus §. 1242.

Fig. 917.



Karte des rheinischen Uebergangsgebirges.



festen Basalten, welche Kuppen bilden und wenig lavaartige Ausbreitungen erzeugt haben; in der niedern Eifel finden sich nur sehr wenige Lavaströme, deren Oberflächen meist compact und nie so schlackig und zerrissen sind, als die basaltischen Lavaströme der Auvergne, dagegen zeigen sich aber die feiner zertheilten basaltischen Auswürfe, die Rapillis, Bimssteine und der vulcanische Sand in ungeheurer Masse entwickelt. Eine besondere Eigenthümlichkeit der Eifeler Vulcane beruht ferner in der Bildung einer Menge mehr oder minder kreisförmiger Seen und Teiche, deren viele wohl als Krater betrachtet werden müssen, während andere vielleicht eine ähnliche Entstehungsweise haben mögen, wie jene trichterförmigen Vertiefungen, deren wir oben bei den Erdbeben gedachten. In der Eifel selbst werden diese kreisförmigen vulcanischen Seen Maare genannt.

Das grösste dieser Maare ist der Laacher-See, in der Neuwieder §. 1243.
Gruppe der unteren Eifeler Vulcane gelegen. Dieser See (Fig. 918)

Fig. 918.



Ansicht des Laacher-Sees.

bildet ein elliptisches Becken von 177 Fuss Tiefe, rings umgeben von Tuff- und Rapillihügeln, die bis in bedeutende Entfernung sich hinerstrecken. Er liegt im Mittelpunkte eines Sternes von Spalten, die radienförmig nach allen Richtungen hin ausstrahlen und so die hügelartige Form der Umgebung bedingen. Noch fortdauernde vulcanische Thätigkeit lässt sich in der Umgegend des Laacher-Sees schon daraus erkennen, dass eine grosse Anzahl von Spalten und Rissen existirt, aus welchen beständig ungeheure Mengen kohlensauren Gases hervorquellen; man hat sogar in einigen natürlichen Vertiefungen in der Umgebung dieses Sees die Leichen vieler kleiner Thiere gefunden, welche durch die beständigen Ausströmungen der Kohlensäure erstickt waren. Nirgends in der Eifel sind diese Mofetten so häufig, als eben in der Umgebung des Laacher-Sees, dessen Untersuchung noch zu keinem befriedigenden Resultate über seine eigentliche Natur geführt hat. Trotz der bedeutenden Menge von Auswürflingen, welche in der Umgegend zerstreut sind, und unter denen sich auch Granite, Glimmerschiefer, Hornblenden neben Bomben aus vulcanischen Gesteinen befinden, kann man den See nicht für einen gewöhnlichen Krater halten; am wahrscheinlichsten mag noch die Ansicht sein, dass hier nur gasförmige

Explosionen, wie jetzt aus den Vulcanen der Anden, stattfanden, welche die Trümmer umherstreuten, und dass der See sich durch Einsturz und Versenkung bildete, die vielleicht mit Explosionen von Wasser verbunden waren, wie die trichterförmigen Oeffnungen, welche in Calabrien bei dem Erdbeben sich bildeten, Wasser auswarfen, in Form kleiner runder Löcher zurückblieben und deren Umgebungen ebenfalls solche sternförmige Risse zeigten, wie der Laacher-See. Zwei Lavaströme, die an der Südseite und Nordostseite nahe bis an den See herankommen, sind unstreitig ältern Ursprungs als dieser.

§. 1244. In derselben Neuwieder Gruppe, welcher der Laacher-See als Mittelpunkt dient und die von dem Flüsschen Nette im Süden, dem Flüsschen Brühl im Norden begrenzt wird, zeigt sich eine grosse Anzahl trachytischer Durchbrüche, namentlich im Westen des Laacher-Sees, die hohe kuppelförmige Berge bilden, welche in weitem Kreise von trachytischen und basaltischen Tuffen umgeben sind. Hierher gehören namentlich der Lierenkopf, der Engelerkopf, der Veitskopf, der Perlenkopf und die mit der verfallenen Burgruine gleichen Namens gekrönte Nurburg, die um deswillen besonders interessant ist, als sie einen Krater besitzt, der von gelbbraunem schlackigen Trachyte und trachytischen Conglomeraten aufgehäuft ist, und dessen Seitenwand offenbar später von einem Basaltgange durchbrochen wurde, so dass also hier offenbar der Basaltausbruch dem trachytischen folgte und durch eine Seitenspalte des trachytischen Vulcanes als Lavastrom hervorbrach.

Ferner findet sich in der Neuwieder Gruppe eine grosse Menge schöner, wohl charakterisirter basaltischer Krater, conisch aufgehäuft aus Basaltblöcken, Rapillis und vulcanischem Sande, welche öfters schönen basaltischen Lavaströmen mit prismatischer Structur Ursprung gegeben haben. Der Nickenicher Sattel (Fig. 919), obgleich einer der

Fig. 919.



Der Krater des Nickenicher Sattels.

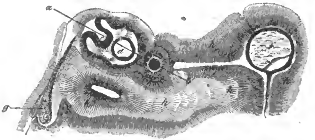
kleinsten dieser Krater, verdient seiner regelmässigen Form wegen eine besondere Aufmerksamkeit. Es ist ein vollkommener, horizontal abgestutzter Kegel mit weiter Mündung, welcher auf der einen Seite durch Einsturz und Lavadurchbruch geöffnet ist, so dass man in das Innere gelangen kann. Aehnliche basaltische Krater sind die Kunksköpfe, der Steinberg, der Bausenberg, der Krater von Boos und vor allen der Hochsimmer, ein gewaltiger Kegel, der sich bis zu 1100 Fuss über

dem Flussspiegel der Nette erhebt, aus Rapillis von Basalt gebildet ist und etwa in einem Drittel seines Umfanges durch Ströme von porösem schlackigen Basalte, die aus dem Krater ausgeflossen sind, zerstört ist. Der Kegel selbst ruht auf einer Basis von sandigem Grauwackenschiefer und sein Krater mag etwa drei Achtel einer englischen Meile oder 600 Meter im Durchmesser haben. Die weiten Basaltfelder von Niedermendig und Kottenheim, wo poröser, sehr harter Basalt, der sehr oft prismatische Structur zeigt, zu Mühlsteinen ausgebeutet wird, scheinen nur seitliche Ausbrüche des Hochsimmers zu sein, und zu diesem etwa in einem ähnlichen Verhältnisse zu stehen, wie der seitliche Strom der Eruption von 1669 zu dem Aetna. In der That kann man von dem Forstberge bei Ettringen, der ganz aus Schlacken und poröser Lava zusammengesetzt ist, und einen grossen, tiefen, nach Norden geöffneten Krater zeigt und somit etwa den Monti Rossi verglichen werden kann, einen mächtigen Lavastrom verfolgen, auf dem das Dorf Obermendig steht. Der Lavastrom von Niedermendig selbst ist zuerst von zwei Bimssteinlagen bedeckt, welche mit schwärzlichen Lehmlagen wechsellagern, in denen man Ueberreste diluvialer Thiere gefunden hat (Hirsch, Pferd, Mammuth). Dann folgen lose Trümmer und Schlacken und dann der bis 70 Fuss mächtige, oben blasige und in senkrechte Säulen zertheilte Lavastrom, der auf Braunkohlenthon ruht. Die Lava ist in der Tiefe nicht mehr porös, sondern stellt eine dichte basaltische Masse dar, welche der Diehlstein genannt und nicht ausgebeutet wird. Der mittlere Theil des Lavastromes ist der blasige, eigentliche Mühlstein, der in Säulen von 20 bis 30 Fuss Mächtigkeit zerspalten ist und mittelst Schachten ausgebeutet wird, die durch die oberste Schicht der Lava durchgetrieben werden, in welcher die Säulenzertheilung soweit vorgeschritten ist, dass keine grösseren Steine daraus gewonnen werden können.

In der hohen Eifel sind der Mosenberg und der Vulcan von Gerolstein besonders wichtig. Der Mosenberg (Fig. 920 a. f. S.) bildet ein hohes Plateau aus schiefriger Grauwacke, auf dessen Mittelpunkte sich drei hart an einander gelagerte, in derselben geraden Linie fast genau von Nord nach Süd an einander gereihte Krater befinden. In einiger Entfernung von den Kratern liegt das Meerfelder Maar, grösstentheils mit Wiesengrund erfüllt, in dessen einer Ecke nur noch ein kleiner Teich mit einem Abflusse nach aussen besteht. Die Krater selbst bestehen aus kegelförmigen Aufschüttungen röthlichbrauner Basaltschlacken. Der südwestlichste dieser Krater (*c*) (siehe den Durchschnitt Fig. 921 a. f. S.) ist auf der einen Seite zerstört, so dass er nur noch eine hufeisenförmige Gestalt besitzt. Aus der Oeffnung ist ein röthlichbrauner Lavastrom hervorgebrochen, der in der Nähe des Kraters eine Anhäufung loser Blöcke bildet und bei starkem Falle in das Thal nur §. 1245.

Blöcke und Schlacken hinterlassen hat. Je weiter aber dieser Strom in das Thal vorrückt, desto mehr verändert sich sein Ansehen; sein Fall wird geringer, die Farbe schwärzlich, die Masse compact nnd

Fig. 920.



Plan des Mosenberges und des Meerfelder Maars.

a b Linie des Durchschnittes Fig. 921. *c* Aeusserer seitlich durchbrochener Krater. *d* Zweiter Krater, mit Torf ausgefüllt. *e* Dritter Krater. *f* Das Meerfelder Maar. *g* Basaltischer Lavastrom. *h* Grauwacke.

Die Ausdehnung der vulcanischen Gebilde ist durch eine punktirte Linie angedeutet.

nach seinem Ende hin, wo der Fall mehr abnimmt, erweitert er sich beutelformig, wird höher, zeigt säulenförmige Absonderung und charak-

Fig. 921.



Durchschnitt des Mosenberges nach der Linie *a b* auf Fig. 920.
c, *d*, *e* Die drei Krater.

terisirt sich endlich als vollkommener Basalt. Von Süden her betrachtet (Fig. 922) bietet demnach der Mosenberg mehrere Schlackenhügel

Fig. 922.



Ansicht des Mosenberges von Süden her.
a Schlacken- und Lavenblöcke. *b* Basaltstrom. *c* Grauwacke.

dar, deren vorderster einen basaltischen Strom ausgespieen hat, welcher längs des Granwackenhügels thalabwärts geflossen ist. Der zweite Krater (*d*), welcher noch seine runde Form bewahrt hat, bietet äus-

serst steile, blasige Wände dar, in welchen sich Lücken und Höhlungen zeigen, oft gross genug, um mehrere Menschen darin aufnehmen zu können — sein Boden ist mit Torf ansgefüllt. Der dritte Krater endlich (*c*) hat ebenfalls seine runde Form behalten und ist weniger hoch, als die beiden anderen. Das Maar, welches in einiger Entfernung von den Kratern liegt und etwa eine halbe Stunde im Umkreise hat, ist rundum von Grauwacke umgeben, und nur auf der Seite nach Meerfelden hin zeigen sich Anhäufungen brauner Rapilli und vulcanischer Asche, ganz ähnlich denen, aus welchen der Mosenberg selbst aufgeschüttet ist.

Wenn an dem Mosenberge der Zusammenhang des Basaltes mit §. 1246. den Schlackenhügeln und Kratern ebenso evident ist, als er nur irgend an einem noch jetzt thätigen Vulcane zwischen einem Lavastrome und einem Eruptionskegel sein kann, so ist der Vulcan von Gerolstein vorzüglich geeignet, die Einwirkung vulcanischer Eruptionen auf die benachbarten Gesteine darzuthun. Die Umgegend von Gerolstein wird von einem Uebergangskalke gebildet, der dem devonischen Systeme beigezählt werden muss. In der Mitte dieser sehr versteinerungsreichen Schichten findet sich eine kesselförmige Kratervertiefung, die auf einer Seite von einem parasitischen Hügel begrenzt wird, der aus graubrauner, sehr rauher und poröser, schlackiger Lava gebildet wird. Eine grosse Menge von Lava ist in mehreren Strömen aus dem Krater und dem Eruptionshügel hervorgebrochen und hat sich in das benachbarte Thal ergossen. In der Nähe des Kraters und der Lava nimmt der Kalkstein eine körnige, krystallinische Beschaffenheit an; seine Schichtung geht mehr und mehr verloren; es zeigen sich bedeutende verticale Spalten und Höhlungen; die Versteinerungen, die anfangs noch sichtbar waren, gehen nur ganz in der Nähe des Kraters verloren. Der ganze Kalkstein enthält in der Nähe des Kraters Bittererde, ist also in Dolomit umgewandelt, und selbst die wohl erkenntlichen Fossilien enthalten wirklichen Dolomit — was man als einen offenbaren Beweis anführte, dass die Magnesia erst durch die vulcanische Einwirkung in den Kalkstein übergeführt worden sei, da man bis jetzt wenigstens kein Thier kennt, welches dolomitische Schalen absetzte und dieselben Arten weiterhin im unveränderten Kalkstein auch nur kalkhaltige Schalen zeigen. Betrachtet man die Basaltberge und Kraterränder der Eifel im Ganzen, so zeigt sich als eine merkwürdige Erscheinung, dass ihre Höhe über dem Meere zwar sehr wechselt, die Höhe über der Grundfläche des Grauwackengebirges, auf der sie ruhen, aber fast immer dieselbe bleibt. Wo sich die Hochfläche in flache Mulden erniedrigt, steigen die Basalte nicht höher über dieselbe hervor, als auf den höchsten Kuppen der Grauwacke. So erhebt sich die 780 Meter über der Meeresfläche gelegene Hohe Acht, der höchste Basaltkegel in

der Eifel, 73 Meter über das Grauwackengebirge. Der Mosenberg mit 542 Meter steigt höchstens 83 Meter über das Grauwackenplateau empor. Obgleich an vielen Stellen die Basaltdurchbrüche durch Grauwackenkuppen erfolgt sind, welche ganz in der Nähe von Thälern liegen, in welchem Falle es wunderbar erscheinen könnte, dass die Lava nicht in dem geringern Widerstand bietenden Thale durchbrach, so geht doch auf der andern Seite aus dem Fliessen der Lavaströme klar hervor, dass die Basaltausbrüche erst nach der Aushöhlung der Thäler statthatten. Es müssen dieselben also durch vorher vorhandene Spalten durchgebrochen sein, die sie nachträglich ausfüllten und deren Wände sie zum Theil mit hinaufbrachten. In der That findet man oft Grauwacke und Thonschiefer in den Laven der Eifeler Vulcanen eingebacken, wie namentlich an dem Roderberge bei Bonn, wo dann der Thonschiefer zuweilen blasig, meist aber vollkommen roth gebrannt, wie Ziegelsteine erscheint und Quarzgesteine oft ganz zerreiblich sind. Weitere Metamorphosen finden sich indess in diesen Gebilden nicht.

§. 1247. Unter den übrigen Basaltgebirgen Deutschlands zeichnen sich besonders die grossen Massen des Vogelsberges, des Westerwaldes und des böhmischen Mittelgebirges aus, sowie das Siebengebirge bei Bonn, welches grösstentheils aus Trachyten besteht, die an einigen Stellen ausgezeichnete Säulenabsonderung zeigen. Der Westerwald besteht in seinem westlichen und südlichen Theile bei Montebaur und Walmerod zwar aus Trachyten, ähnlich denen des Siebengebirges, in seinen übrigen Theilen aber aus theils dichtem, theils porösem Basalte, an dessen Abhängen basaltische Tuffe ausgebildet sind. Zu den Trachyten gesellen sich im südwestlichen Theile die Phonolithe des Hartenfelser Kopfes, des Malberges und Breitenberges. Besonders ausgedehnt sind im Westerwalde Lager eines feinen, mit Titaneisen gemengten Bimssteinsandes, der oft 4 bis 6 Fuss Mächtigkeit zeigt und durchaus nicht aus Kratern ausgeworfen, sondern durch Wasser zusammengeströmt scheint.

§. 1248. In der hohen Rhön sind die Phonolithe sehr entwickelt. Das Gebirge ist in seiner Hauptmasse aus Basalten und Trappgesteinen gebildet, die durch aufgerichtete Schichten von Muschelkalk und buntem Sandsteine durchgebrochen sind. Die Phonolithe bilden mehrere Kuppen und Durchbrüche, welche ganz von Basalt umgeben sind und aus diesem isolirt in die Höhe steigen, so dass sie in Basalt gleichsam zu schwimmen scheinen. Sie sind alle ziemlich genau nach einer von Südwest nach Nordost gezogenen geraden Linie aufgereiht, so dass man sie wohl als Auswürfe einer einzigen grossen Spalte, welche in dieser Richtung zog, ansehen kann. Zu den bedeutendsten dieser

Phonolithe, welche an einigen Stellen prismatisch, an anderen schiefrig abgesondert sind, gehören die Milseburg von sonderbarer, sargähnlicher Gestalt, mit steilen, aus eckigen Blöcken und Trümmern gebildeten Wänden; die 1182 Fuss hohe Steinwand, aus senkrecht stehenden Pfeilern und Säulen gebildet und einen verticalen Absturz bildend, der Pferdekopf und endlich der Teufelstein, an welchem man Säulen findet, die offenbar durch spätere Erschütterung, unter einem Winkel von 30 bis 36 Grad, geneigt sind.

Der Borzenstein im böhmischen Mittelgebirge erhebt sich als eine steile Felsmauer, welche in prismatische grobe Säulen getheilt ist, die nach unten gebogen erscheinen, nackt und kahl aus dem umgebenden Gneiss hervor, und zur Seite findet sich ein kleineres auf den Gneiss aufgesetztes Felsstück, welches nicht vertical, wie der Borzenstein, sondern horizontal in Säulen getheilt ist, und wie es scheint, ein bei der Erhebung und dem Durchbruche des Ganzen abgestürztes Stück darstellt.

Besonders interessant sind auch die vulcanischen Durchbrüche im §. 1249.
südlichen Deutschland; der Kaiserstuhl im Rheinthale, die Kegel des Hegau und die kleineren Durchbrüche in der schwäbischen Alp. Der Kaiserstuhl bildet eine einsame Gebirgserhebung, meist aus Doloritporphyr und Doloritmandelstein zusammengesetzt, zu welchen sich Phonolithe am östlichen Abhange, Trachyte in der Mitte und Basalt nur an einem Punkte, am Scheibenberge bei Sansbach, gesellt. Die letzte Hebung des Kaiserstuhls dürfte unmittelbar vor der Ablagerung des Löss stattgefunden haben. Im Hegau bestehen der Hohentwil, der Staufen, der Hohenkrähen aus Phonolith, der Hohenstoffeln und Hohenhöben dagegen aus Basalt. Unter den Durchbrüchen auf der innern Seite der schwäbischen Alp, bei welchen im Allgemeinen die Conglomerate weit vorwiegen, ist besonders der Jusiberg bei Dettingen merkwürdig. Die ganze Kuppe besteht aus Jurakalk, die von einem etwa 2 Meter mächtigen Basaltgange durchbrochen ist, der wie eine Mauer über den verwitterten Kalk hervorragt und im Halbkreise von der Spitze des Berges bis zu dessen Fuss sich hinzieht, so dass man schon aus der Entfernung die schwarze Basaltmauer auf dem weissen Jurakalke deutlich erkennt.

Es würde zu weit führen, hier noch der übrigen erloschenen Vul- §. 1250.
cane Deutschlands und der basaltischen Bildungen einzeln zu gedenken, da sich dieselben überall mit denselben Charakteren wiederholen. Prachtvolle Säulenabsonderungen, theils den eigentlichen Basalten, theils den Trappgesteinen angehörig, finden sich im Siebengebirge, dem Westerwalde, Vogelsberge, auf der hohen Rhön und in Böhmen; überall fast bilden die Basalte entweder breite ausgedehnte Felder und Hochplateaus mit hier und da ausgeschnittenen Thälern und Rissen

oder breite kuppenförmige Höhen, wahrscheinlich Schwämme, die mit einem aus dem Innern aufsteigenden Stiele in Verbindung stehen; die hohe Rhön ist noch eigenthümlich durch die Entwickelung der Phonolithe, deren wir oben gedachten. Es kann somit kein Zweifel bleiben, dass Deutschland einst der Sitz gewaltiger vulcanischer Erscheinnngen war, welche in der relativ jüngsten geologischen Epoche statthatten, da ihre Producte sogar die Brannkohlen und ähnliche neuere Ablagerungen durchbrochen haben. Die ausführliche Beschreibung einzelner dieser Verhältnisse schien um deswillen nöthig, als die deutschen Basalte durch den so häufigen Mangel von Schlacken und Aschen am meisten eine Verschiedenheit von den jetzigen vulcanischen Producten bethätigen und deshalh zu Meinungsverschiedenheiten Anlass gaben, die jetzt wohl allgemein verglichen sind, die aber in einem andern Lande nicht hätten entstehen können und auch in Deutschland gewiss nicht enstanden wären, wenn das Erzgebirge statt Basaltplateaus und Felder solche Aschenkegel und Lavaströme besessen hätte, wie wir ans der Eifel beschrieben haben.

§. 1251. Der nordöstliche Theil von **Irland** kann als eines der typischen Länder für das Studium der Trappgesteine gelten, indem dort die Beziehungen der Gänge zu den überliegenden geflossenen Massen wie zu den durchbrochenen Gesteinen am dentlichsten hervortreten. Der Boden, auf welchem die Trappe sich ausgebreitet haben, wird hanptsächlich von weisser Kreide gebildet, unter welcher nur hier und da die Sandsteine, Schiefer und Kohlenablagerungen der Steinkohlenformation hervortreten. Die ganze Gegend ist eine Ebene, die äusserst sanft nach dem Meere hin abfällt, so dass die Trapplager fast horizontal erscheinen. Die gewaltigen Säulen wechseln mit Schichten von zerbröckelten Massen, von Wacke und Ocker ab, in welchen hier und da Braunkohlen eingestreut sind. Durch deu Wellenschlag des Meeres sind die Trappgesteine überall längs dem Ufer unterwühlt und theilweise weggewaschen worden. Da die prismatischen Säulen, aus compactem Gesteine gebildet, dem Andrange der Wogen unendlich besser widerstehen, als die losen Schichten von Wacke und Trümmern, so sind nur die Säulen stehen geblieben und bieten so an dem Ufer der Buchten ihre Köpfe an der Oberfläche dar, so dass mau einen mit lauter regelmässig sechseckigen Säulen gepflasterten Weg zu erblicken glaubt. Der bekannte Riesendamm bei Antrim bildet nur einen Theil jener gewaltigen Trappgebilde, die an der Nordostküste Irlands ausgebreitet sind, und man findet an ihm die sogleich näher anzugebende Schichtenfolge, welche zugleich als Beispiel für die Trappgebilde im Allgemeinen gelten kann.

	Fuss
Trapp in unregelmässigen, groben Säulen	60
Rother Ocker	9
Trapp in unregelmässigen Säulen	60
Regelmässiger Säulentrapp	7
Zwischenlager von Ocker und Trümmern	8
Trapp in groben Säulen	54
Trapp in unregelmässigen Säulen mit einem Zwischenlager von Wacke und Braunkohlen	54
Regelmässiger Säulentrapp des Riesendammes	44
Rother Ocker	22
Ocker mit Trapptrümmern und Dolerit	80
Trapp in Tafeln mit Zeolithen	80
Im Ganzen	478

Die Säulen haben meist 2 bis 3 Fuss im Durchmesser, gewöhnlich 6, seltener 5, 7 oder 8 Seiten; die Spaltflächen, welche sie trennen, entsprechen sich auf das Genaueste, nnd sehr oft findet man Olivinkrystalle mitten durchgerissen, und die eine Hälfte in der einen, die andere in der gegenüberstehenden Säule eingebacken.

§. 1252. Das Meer hat aller Orten längs seiner Ufer eine Menge von Trappgängen entblösst, welche man theils in ihrem senkrechten Anfsteigen, theils auf dem festen Lande ihrer horizontalen Erstreckung nach verfolgen kann. Es ist auf diese Weise möglich geworden, den Einfluss der Trappe auf die umgebenden Gesteine vielfach zu prüfen. In den Kohlengebilden zeigt sich der graue Sandstein in der Nähe der Trappgänge feinkörniger, von weisser Farbe nnd zuweilen selbst bei unmittelbarer Berührung in reinen Quarzit verwandelt; der Schieferthon, welcher die Kohlen einschliesst, ist erhärtet, die Steinkohlen selbst sind in Coke umgewandelt. Noch auffallender zeigen sich die Veränderungen in der Kreide, welche der Trapp durchbrochen hat. Die Kiesel, welche in der Kreide sich finden, haben eine andere Form angenommen und sind ausnehmend brüchig geworden, die Kreide selbst ist in einen körnigen Kalkstein, einen wahren Marmor für Bildhauerarbeit, umgewandelt. Die älteren Beobachter behaupten demnach, dass der Trapp in heissflüssigem Zustande diese Steinkohlengebilde durchsetzte, da alle die Veränderungen, welche man an ihnen wahrnimmt, durch lang andauernde Hitze ganz in derselben Weise künstlich erzeugt werden können.

§. 1253. Es könnte diese Umwandlung auf den ersten Blick etwas ungereimt erscheinen, da man weiss, dass aller kohlensaure Kalk und namentlich auch die Kreide unter dem Einflusse der Hitze ihren Kohlensäuregehalt verlieren und in ätzenden Kalk sich umwandeln. Die Erfahrung hat indess gezeigt, dass es nur eines sehr geringen Druckes bedarf, um dem kohlensauren Kalk seinen Gehalt an Kohlensäure auch bei stärkerer Glühhitze zu erhalten und ihn auf diese Weise in Bild-

hauermarmor umzuwandeln. Man hatte sogar vor nicht langer Zeit auf diese Eigenschaft der Kreide eine Fabrikation von künstlichen Statuen gegründet, indem man einen feingemahlenen Kreidebrei in eiserne Formen goss und nach vorausgängiger Trocknung diese Formen in gehörig geschlossenen Gefässen einer länger andauernden Glühhitze aussetzte. Diese Industrie musste deshalb aufgegeben werden, weil man nicht vermeiden konnte, dass die Statuen nach dem Erkalten Risse bekamen und leere Räume zeigten; sie ergab aber das für die Geologie äusserst wichtige Resultat, dass man auf diese Weise ein Gestein erzeugte, welches sich von carrarischem Marmor nicht unterscheiden liess. Es wurde somit durch diese Fabrikation nachgewiesen, dass der Bildhauermarmor zum Theil vielleicht ein Product lange andauernder Hitze auf gewöhnlichen Kalk sei, und dass es nur eines geringen Druckes bedürfe, um ein solches Resultat zu erzielen. Bei der Einwirkung der Trappe auf die Kreide konnte aber um so weniger eine Entbindung der Kohlensäure stattfinden, als die an die Oberfläche tretenden Trappe gleichsam einen Deckel über der Kreide bildeten, dessen Druck stark genug war, um die Entbindung der Kohlensäure zu verhindern. Es musste dies um so mehr an solchen Orten stattfinden, wo Trappgänge durch überliegende Trappschichten durchgebrochen waren und somit bei ihrer Einwirkung auf die Kreide schon eine compacte Decke von erhärteten Trappgesteinen vorfanden. Indessen lässt sich nicht leugnen, dass die meisten dieser Erscheinungen auch durch Infiltration kieselhaltiger, aus der Zersetzung der Basalte herrührender Gewässer erzeugt sein können.

§. 1254. Die Inseln längs der schottischen Küste bieten eine grosse Mannigfaltigkeit von Verhältnissen dar, welche besonders seit der Ent-

Fig. 923.



Fingalshöhle auf Staffa.

decknng der Fingalshöhle auf der Insel Staffa genauer bekannt geworden sind. Die Insel Staffa selbst bildet einen gewaltigen Hügel, dessen Oberfläche von einer dicken Masse unregelmässig zertrümmerten Trapps gebildet wird, welche hier nnd da Neigung zu verworrener Säulenbildung zeigt. Diese Schicht von Trümmern und nregelmässig erkalteten Gesteinen ruht auf einer gewaltigen Ma se hoher Trappsäulen, welche an den meisten Orten senkrecht, an einigen aber auch etwas geneigt stehen, und eine Menge von riesigen Pfeilern, das Dach der verworreuen Schicht, tragen. An vielen Orten zeigen diese Säulen regelmässige Querabsonderungen, wie wenn sie aus einzelnen Stücken zusammengesetzt wären. Durch diese Querabsonderungen hat das Meer Macht über die Säulen erhalten, welche es theilweise unterwaschen und an einzelnen Orten umgestürzt hat, so dass hier und da auf dem Umkreise der Küste Buchten, Einschnitte, und da, wo die obere Decke Zusammenhang genug hatte, um ein Gewölbe herzustellen, Höhlen gebildet wurden, nnter welchen die Fingalshöhle die bekannteste ist.

Der Trapp der Insel Staffa scheint von gleichem Alter mit demjenigen an der Nordküste Irlands zu sein, welcher offenbar jünger ist, als die weisse Kreide, die er an vielen Orten durchsetzte nnd deren Contactverhältnisse wir oben betrachtet haben. In vielen anderen Gegenden Englands und Schottlands findet sich indess eine grosse Anzahl von Trappdnrchbrüchen, welche ohne Zweifel weit älter als die eben berührten sind, und theilweise vor dem bunten Sandsteine, andere sogar vor dem Zechsteine enstanden zu sein scheinen. So finden sich bei Newcastle Trappgänge von sehr hohem Alter, die den Kohlensandstein durchbrochen haben, auf beiden Seiten von Conglomeratschichten eingefasst sind, in welchen eine Menge Sandsteinstücke zerstrent sind, nnd die an der Oberfläche des Kohlensandsteins wie abgeschnitten endigen, ohne in den Magnesiakalk (Zechstein) einzudringen, welcher über dem Kohlensandsteine gelagert ist. Es ist mithin offenbar die Trappformation, welcher die Gänge angehören, älter als der Zechstein, da es undenkbar wäre, dass der Trappgang nnter dem Zechsteine anfhörte, ohne in denselben einzudringen oder nnter ihm sich auszubreiten. Das hier eben angeführte Verhalten ist das gewöhnliche im ganzen Norden von England, wo man meist nur Trappgänge findet, welche das Kohlengebirge nach allen Richtungen hin durchschneiden und oft an der Oberfläche weit hingestreckte Mauern bilden, die in Folge der Degradation des Bodens und der leichtern Verwitterung der geschichteten Gesteine zuweilen mehrere Fnss hoch über den Boden sich erheben. Obere horizontale Ausbreitungen, mit welchen diese Trappgänge in Verbindung ständen, hat man bis jetzt noch nicht entdecken können. Das Fehlen dieser horizontalen Ausbreitungen bei §. 1255.

den älteren Trappen, während die jüngeren sie besitzen, scheint darauf hinzndenten, dass gewaltige Katastrophen der Bildung des Zechsteines vorangingen, während welcher die oberen Bodenschichten und die darauf ausgebreiteten Trappe weggeführt wurden, und nur die tieferen Schichten mit den sie durchsetzenden Trappgängen zurückblieben.

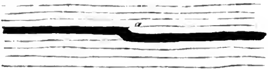
§. 1256. An den meisten Durchbruchstellen hat die Steinkohle merkwürdige Veränderungen erlitten. Aus der allmäligen Umänderung der Kohlen in ein schlechtes Coke schliessen die Arbeiter stets auf die Annäherung eines Trappganges; — sehr oft zeigen sich in diesen Cokes bedentende Ablagerungen von Schwefelkiesen, znweilen selbst sind sie förmlich in Graphit umgewandelt. Die Trappgänge selbst sind in der Regel auf beiden Seiten von Saalbändern einer kohlig erdigen Masse, welche die Grnbenarbeiter mit dem Namen Asche belegen, eingefasst. Viele dieser Saalbänder zeigen sogar ähnliche prismatische Säulenabsonderungen, wie die Trappgänge selbst. An wenigen Stellen nur zeigt sich durchaus keine Einwirkung der Trappe auf die umgebenden Kohlenlager, und es lässt sich dies wohl mit der Annahme erklären, dass an solchen Stellen der Trapp in weniger heissem Zustande aufstieg. Die englischen Kohlenarbeiter haben eine Menge von Bezeichnungen für die Trappgesteine, welche ihnen sehr wohl bekannt und um so wichtiger sind, als diese senkrecht durchgehenden Gängo natürliche Ableitungen und Dämme für die Grnbengewässer bilden, welche von diesen nicht überschritten werden können. Aus der Erkenntniss dieser Rolle, welche die Trappgänge in dem Kohlengebirge spielen, scheint wohl die Benennung Dyke hervorgegangen zu sein, die man jetzt im Allgemeinen auf alle vulcanischen Gänge anwendet, welche senkrecht die geschichteten Gesteine durchsetzen.

§. 1257. Die westliche Küste von Schottland, sowie die gegenüberliegende Insel Arran zeigen eine Menge von merkwürdigen Verhältnissen, welche um so mehr einiger Worte bedürfen, als man dort lange Zeit noch die eruptive Natnr des Trapps leugnete. An dem Hügel von Arthur's Seat in der Nähe von Edinburgh finden sich schöne Lager von Säulentrapp, welche mehrfach mit Schichten horizontal gelagerten bunten Sandsteines abwechseln, nnd da die Gegend nicht weit genug anfgeschlossen ist, nm die aufsteigenden Trappgänge zu zeigen, so schloss man hieraus auf die neptunische Herkunft des Trapps, obgleich dieser hier und da Bruchstücke des Sandsteines enthält, die er von allen Seiten eingeschlossen hat und deren eckige Form offenbar darauf hiuweist, dass sie von dem Trapp umschlossen und eingehüllt wurden.

§. 1258. An der schottischen Küste findet sich eine grosse Menge senkrechter Klippen dnrch Unterwaschnng nnd Abstürzen der fast horizontal gelagerten Schichten des alten rothen Sandsteines erzeugt, an

welchen besonders die beiden nachfolgenden Skizzen deutliche Nachweisungen geben, wie sehr man sich hüten müsse, um nicht bei kurzen Erstreckungen irrige Schlüsse auf die Lagerung eingespritzter Gesteinsmassen zu machen. Fig. 924 zeigt die Erstreckung eines stundenweit

Fig. 924.



Trappgang an der schottischen Küste.

sich hinziehenden Lagers von Trapp, das beim ersten Anblick eine vollkommen horizontale Schicht zwischen dem Sandsteine zu bilden scheint; bei näherer Untersuchung aber zeigt es sich, dass diese vermeintliche Schicht bei *a* abbricht und um eine Schicht tiefer sich horizontal weiter fortsetzt, mithin ein Gang ist, welcher zwischen die horizontalen Sandsteinschichten sich eingebettet hat. Fig. 925 zeigt eine

Fig. 925.



Trappgänge am Ufer der Insel Sky.

ähnliche Entwicklung einer Erstreckung von mehreren Stunden, wo man rechterseits drei horizontale mit den Sandsteinschichten abwechselnde Lager zu sehen glaubt, welche aber in der That von einem gemeinsamen, horizontalen Gange ausgehen, der wieder aus einem senkrecht stehenden gewaltigen Dyke seinen Ursprung nimmt. Wir könnten diese Beispiele noch bedeutend vervielfältigen, begnügen uns indessen damit, um zu zeigen, dass auch in solchen Fällen, wo die Lagerungsverhältnisse beschränkter Localitäten eine horizontale Ablagerung der Trappe vermuthen lassen könnten, dennoch eine genauere Untersuchung den eruptiven Ursprung derselben nachweisen wird.

Die Inselgruppe der Faröer ist durchaus aus gewaltigen Trapp- §. 1259.
ablagerungen gebildet, deren säulenartig abgesonderte Massen, von dem Meere unterwühlt, ungeheure senkrecht abgestürzte Klippen bilden, welche oft mehr als tausend Meter Höhe erreichen. Zahlreiche senkrechte Gänge durchsetzen diese ungeheuren Massen, welche treppenartig über einander gelagert sind und sehr bedeutende Verwerfungen zeigen. Zwischen den compacten Trappen, die oft hundert bis dreihundert Fuss hohe Säulen bilden, findet man tuffartig zermalmte

Schichten, welche hier und da Meeresmuscheln enthalten, und an einem Orte sogar, auf der Insel Sideroe, hat sich ein Lager von Braunkohlen zwischen den Trappen vorgefundeu, welche der Mollassenzeit angehören. Die ganze Anordnung der Inselgruppe scheint darauf hinzudeuten, dass sie nur die emporgehobenen Randstücke einer ungeheuren Trappmasse sind, deren Lager von allen Seiten her nach dem Mittelpunkte hineinschiessen.

---

§. 1260. Betrachten wir die bis jetzt behandelten ueueren und älteren ausgestorbenen Vulcane in der Gesammtheit ihrer geologischen Erscheinungen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass dieselben in allen ihren Grundzügen identisch sind. Aschenkegel, Auswürflinge, Lavaströme zeigen sich überall in derselben Weise, und auch die mikroskopische Untersuchung der Gesteine zeigt eine identische Beschaffenheit in Bildung geflossener Glasmassen und darin zerstreuter theils vorgebildeter, theils während der Erstarrung gruppirter Krystalle. Nur in der Hinsicht lässt sich ein Unterschied wahrnehmen, dass bei den älteren ausgestorbenen Vulcanen, von welchen die meisten bis in die mittlere Tertiärzeit zurückdatiren, und andere noch älter sein mögen, die Wirkungen der Erosion, der Wegführung und der innern Metamorphose in weit höherm Maasse entwickelt sind. Offenbar hat man diesen letzteren Wirkungen bis jetzt viel zu wenig Rechnung getragen. Wenn man aber bedenkt, dass seit der Mollasseperiode Thäler von mehreren Tausend Fuss Tiefe durch die oberflächlichen Wasserströmungen ausgegraben wurden und ganze Länder erst ihr jetziges Relief erhielten, so wird man es ebenfalls begreiflich finden, dass gewaltige Vulcane, zum Theil aus losen Massen aufgethürmt, dieser Umkleidung beraubt wurden, so dass nur die inneren Kerne, aus fester Lava gebildet, in Form steiler Felsen zurückgeblieben sind. Andererseits kann es keinem Zweifel unterliegen, dass alle älteren Gesteine ohne Ausnahme schon eine bald mehr, bald minder vorgeschrittene Umwandlung durch die Sickerwasser erlitten haben, wovon die mannigfaltigen Zeolithbildungen, die Pseudomorphosen, sowie die Infiltrationen in die benachbarten Gesteine genügeudes Zeugniss ablegen. Die leichtlöslichen Silicate wurden nach und nach zersetzt, Kieselerde und Alkalien weggeführt und in den umschliessenden Gesteinen wieder abgesetzt, wo sie nene Verbindungen vielfacher Art eingingen. Mit diesen Contactwirkungen haben freilich die Vulcanisten einen ausserordentlichen Unfng getrieben, indem sie alle Veränderungen, welche selbst bis auf weite Entfernung von dem vnlcanischen Gesteine wahrgenommen wnrden, lediglich der Einwirkung der Hitze zuschrieben, während dieselben grösstentheils chemischen, durch Wasser bedingten, äusserst langsamen Umsetzungen zuzuschreiben sind. Unzweifelhaft gehört in

diesen Fragen der Chemie und nicht der Geologie das letzte Wort. Wenn aber erstere so weit geht, jegliches Beobachtungsrecht der Geologie zu leugnen und die Resultate derselben gewissermaassen zu ignoriren, so befindet sie sich ebenfalls im Unrecht. Namentlich aber kann daraus, dass die Chemie dieses oder jenes Product der älteren Vulcane, wie z. B. Basalt, noch nicht hat darstellen können, der Schluss nicht gezogen werden, dass dieser nicht auf dem von der Geologie behaupteten feuerflüssigen Wege enstanden sein könne.

Was nun die Quelle der vulcanischen Erscheinungen selbst be- §. 1261.
trifft, so erlauben uns unsere bisherigen Kenntnisse nur in negativer Weise vorzugehen und diejenigen Ausschreitungen zu beseitigen, welche eine überströmende Phantasie auf die unleugbare Grossartigkeit dieser Erscheinungen gebaut hat. Ein Zusammenhang mit dem Erdinnern, mit einem feuerflüssigen innern Erdkerne, ist durchaus unerwiesen und allen Erscheinungen zufolge höchst unwahrscheinlich. Man bewegte sich bei der Annahme eines solchen in einem wirklichen Zirkelschlusse, indem die grosse Hitze der Lava das Dasein eines allgemeinen Schmelzraumes im Innern der Erde und der supponirte Schmelzraum wieder die grosse Hitze der Lava erklären sollte. Die Unabhängigkeit benachbarter Vulcane von einander beweist allein schon, dass jeder derselben seinen besondern Schmelzraum hat, und viele Erscheinungen deuten darauf hin, dass derselbe in manchen Vulcanen bei einzelnen Ausbrüchen sogar über dem Meeresniveau oder nur in geringer Tiefe unter demselben sich befindet. Mit diesen Thatsachen lassen sich nun begreiflicherweise alle jene Speculationen nicht vereinen, welche auf einen Zusammenhang zwischen der Vulcanwirkung einerseits und der Hebung der Gebirge andererseits gegründet wurden.

Es muss in der That stets wiederholt und ausdrücklich betont §. 1262.
werden, dass die vulcanischen Gesteine durch Spalten und Risse aufgestiegen und nach aussen geflossen sind, ohne dass, mit Ausnahme weniger Fälle, das durchrissene Gebirge eine Aenderung in der Lagerung seiner Schichten erlitten hätte. Alle jene Krater, welche man früher mit Leopold von Buch als Erhebungskrater bezeichnete, sind durch Aufschüttung, innern Einsturz und Mitwirkung der Erosionen gebildet worden, und nur höchst selten hat man in unmittelbarer Nähe der Kraterspalten eine unbedeutende Aufrichtung der Lippen beobachtet. Die Aufrichtung und Faltung der Gebirge ist demnach um so mehr gänzlich von den vulcanischen verschiedenen Kräften zuzuschreiben, als dieselbe nachweislich nicht plötzlich, sondern in ungeheuer langen Zeiträumen vor sich ging.

Ueber die Ursachen der vulcanischen Ausbrüche selbst, sowie über die Constitution der vulcanischen Heerde, von welchen sie aus-

gehen, sind wir vollständig im Unklaren. Aus der Lage der meisten Vulcane, aus der ungeheuern Menge von Wasserdämpfen, welche bei jeder Eruption entwickelt werden, aus der bedeutenden Rolle, welche die Chlorverbindungen in den Producten der Vulcane spielen, darf man wenigstens den Wahrscheinlichkeitsschluss ziehen, dass Zutritt des Meerwassers zu den vulcanischen Heerden eine der Ursachen sei, welche Ausbrüche bedingen. Selbst die im Innern Asiens vorhandenen thätigen Vulcane liegen an alten Meeresbuchten, die jetzt theilweise mit süssem Wasser erfüllt sind. Die Vulcane der Auvergne und der Eifel haben ihre Thätigkeit eingestellt, sobald die an sie heranreichenden Meeresbuchten, die durch die Anschwemmungen der Rhone und des Rheins ausgefüllt wurden, Festland geworden waren. Man ist jetzt zu der Ueberzeugung gekommen, dass die Lava nicht in einfachem feurigen Flusse befindliches Gestein, sondern ein mit überhitztem Wasser gemengter Mineralbrei ist, der unter hoher Dampfspannung aus dem Krater ausgetrieben wird.

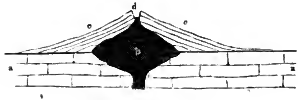
§. 1263. Neuere Versuche von Hochstetter werfen einiges Licht auf die Vorgänge bei der Vulcanbildung. In einem Dampfschmelzapparate unter einem Drucke von zwei bis drei Atmosphären und einer dieser Spannung entsprechenden Temperatur von 128° C. geschmolzener Schwefel bindet grosse Mengen von Wasserdampf, die sich bei der Erstarrung entbinden und da die äussere Kruste zuerst erstarrt, förmliche Eruptionen verursachen. Ein Theil der geschmolzenen, innen brodelnden Schwefelmasse wird bei diesen Eruptionen durch eine Oeffnung hervorgepresst und fliesst wie Lava über. Neue Eruptionen bilden nach und nach einen Kegel, an dem die Schwefellavaströme herabfliessen. Während ihres Flusses finden in ihnen kleinere Eruptionen und Gasentwicklungen Statt. Nach einer Eruption erscheint der Krater leer, in der Tiefe brodelt aber die geschmolzene Masse, die sich allmälig zu einer neuen Eruption hebt. Man kann durch Aufstreuung feinen Farbstaubes die Aschen- und Rapilli-Auswürfe nachahmen, die verschiedenen Ströme färben und so nach der Erstarrung ein vollkommenes Modell eines aufgeschütteten Vulcans herstellen. Oeffnet man vor Beendung der Ausbrüche durch die erstarrte Kruste ein anderes Loch, so sinkt die Masse aus dem gebildeten Kegel zurück, der als hohler Mantel stehen bleibt — ein Beweis, dass während des Ausbruches die mit der Schmelzmasse in Berührung kommenden inneren Theile des Kegels wieder mit geschmolzen werden. Zerbricht man einen solchen durch einen künstlich hervorgebrachten Nebenausbruch hohl gemachten Kegel in der Art, dass er eine Caldera oder ein Ringgebirge darstellt, und öffnet man dann wieder, während die innere Masse noch geschmolzen ist, die erstarrte Masse auf dem Grunde entweder in der Mitte oder etwas seitlich der Art, dass neue Eruptionen

dadurch hervorbrechen, so erhält man Modelle, welche dem Vesuv mit der Somma, dem Pic von Teneriffa mit der Chahorra täuschend ähnlich sehen. Lässt man die Eruptionen fortdauern, ohne sie zu zerstören, so schliesst sich der Krater durch erstarrte Schwefelmassen. Es leuchtet ein, dass jede andere Substanz, welche bei der Schmelzung Massen von Wasserdampf einschliesst, um sie bei der Erstarrung zu entbinden, genau dieselbe Rolle spielen würde wie der Schwefel.

Hochstetter wendet nun diese Versuche auf die in der Natur vorkommenden Verhältnisse an. Es ergiebt sich von selbst, dass alle Kegel aufgeschüttet sind, von Erhebungskratern also keine Rede mehr sein kann. Einen thätigen Vulcan müsse man sich vorstellen als einen aufgeschütteten Kegel, dessen Krater mit einem innern Hohlraume, dem Lavaraume, in Verbindung stehe, welcher sich periodisch mit in Dampffluss befindlichem Wasser fülle und bei jedem Ausbruche sich in dem Kegel selbst durch Umschmelzung der bereits erstarrten Lavamassen erweitere. Nun sind nach dem Erstarren mehrere Fälle möglich. 1. Kegelmantel und innerer erstarrter Kern bleiben stehen. Einfache Vulcane. Fig. 926 a. f. S. 2. Da der innere massive Kern massig ist, sehr langsam erkaltet, also grössern Widerstand leistet, so wird der äussere durch Denudation allmälig aufgeschüttete Mantelkegel zerstört, der Kern bleibt stehen und bildet jene dom- oder kegelförmigen Trachyt-, Phonolith-, Domit- und Basaltkuppen, die Domvulcane. Fig. 927. 3. Die Eruption wurde (durch Seitenausbruch oder Erdbeben) unterbrochen, die Lava ist zurückgesunken, der hohle Kegel stürzt ein, der Fuss bleibt als Ringgebirge mit kolossaler Caldera stehen. Fig. 928. 4. In diesem sogenannten Erhebungskrater geschehen durch Bildung eines neuen Schmelzraumes neue Ausbrüche, deren Resultate sich wie in dem ersten oder zweiten Falle verhalten. Somma-Bildung. Fig. 929. Die Diagramme auf folgender Seite, von welchen die drei ersten mit geringen Abänderungen nach Hochstetter, mögen diese vier Fälle erläutern. §. 1264.

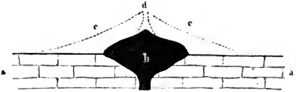
In welcher Weise die Wärme in den meisten vulcanischen Heerden erzeugt werde, ist ebenfalls noch durchaus problematisch. Es lässt sich nicht leugnen, dass eine ununterbrochene Kette von Erscheinungen von den feuerflüssige Lava ausspeienden Vulcanen bis zu den Schlammvulcanen hinführt, deren Producte meist kälter als die umgebende Luft sind, und dass ebenso von den unzähligen chemischen Processen, die im Innern eines Vulcans unter dem Einflusse der Wärme und des Wassers sich abspielen, bis zu denjenigen, die in den Schlammvulcanen vorkommen, ebenfalls eine ununterbrochene Degradationsreihe sich herstellt. Man hat in diesen chemischen Processen selbst die Wärmequelle gesucht und dagegen den Einwurf erhoben, dass die Wärmeentwicklung nur durch einen Verbrennungsprocess hervorgebracht werden könne, der in den Vulcanen unmöglich sei, indem alle Pro- §. 1265.

Fig. 926.



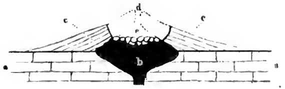
Erloschener einfacher Vulcan.

Fig. 927.



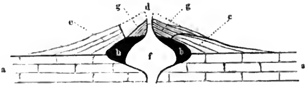
Domvulcan.

Fig. 928.



Einsturzkrater.

Fig. 929.



Sommabildung.

In allen Figuren: *a* Grundgebirge. *b* Erstarrter primitiver Schmelzraum. *c* Aufgeschütteter Kegelmantel. (Die zerstörten Theile sind mit punktirten Linien angegeben.) *d* Krateröffnung. Fig. 928: *e* Einsturzmassen am Grunde der Caldera. Fig. 929: *f* Zweiter Schmelzraum. *g* Zweiter Kegel im Innern der Caldera.

ducte desselben schon oxydirt seien. Einerseits spricht gegen diesen Einwurf der Umstand, dass bei einigen Vulcanen, wie wir oben gesehen haben, in der That Flammen, also Verbrennungen beobachtet wurden, andererseits beruht jede chemische Verbindung auf Molecularbewegung und entwickelt deshalb nothwendig Wärme, sobald diese Molecularbewegung gehemmt, d. h. die Verbindung vollzogen wird; wie wir ja auch eine Menge von chemischen Processen, bei welchen durchaus kein Sauerstoff intervenirt, von Wärmeentwicklung begleitet sehen.

Neuerdings hat man die Wärme und überhaupt die vulcanischen Erscheinungen durch Senkungen von Schichten im Erdinnern zu erklären gesucht, durch welche einerseits der flüssige Brei hervorgepresst und andererseits bei der Hemmung der Senkung die Bewegungen in Wärme umgesetzt werden, welche im Verhältniss zu der Masse und der Bewegung einen ausserordentlichen Grad erreichen können. Mohr hat berechnet, dass bei der Senkung einer 72 000 Fuss mächtigen Schicht von Erde, die um einen Fuss in dem Raume einer Viertelquadratmeile sich senke, Wärme genug entwickelt werde, um 4320 Millionen Pfund oder über 28 Millionen Cubikfuss Basalt zu schmelzen. Es scheint uns, als könne gegen diese Berechnung einerseits der Umstand angerufen werden, dass die ganze Bewegung der Masse plötzlich gehemmt werden müsse, um den Schmelzeffect hervorzubringen, während bei langsamer Senkung und allmäliger Hemmung die nach und nach entwickelte Wärme durch die Leitungsfähigkeit der Gesteine vertheilt werden muss. Andererseits dürfen wir nicht unbeachtet lassen, dass die am genauesten beobachteten Vulcane sich auf dem festen Lande befinden und Senkungen von auch nur ein Fuss Höhe in ihrer Umgebung auf der Oberfläche nothwenig Aenderungen im Wasserlaufe hervorbringen müssten, von welchen bis jetzt keine Beispiele bekannt geworden sind, obgleich wir auf der andern Seite nicht leugnen wollen, dass hier und da Beispiele von Senkungen in der Umgebung von Vulcanen beobachtet wurden, die aber eher mit der Bildung von Hohlräumen in Folge des Ausbruchs selbst in Verbindung gebracht werden dürften.

Die älteren Massengesteine.

Die hier zu behandelnden Gesteine bilden gewissermaassen gegenwärtig das Verlegenheitscapitel der Geologie. Wenn für die trachyti- §. 1266.
schen und basaltischen Gesteine der vulcanische Ursprung wohl kaum mehr geleugnet werden kann, so schwinden hier mehr und mehr die geologischen Charaktere, aus denen dieser Ursprung erschlossen werden kann. Von Auswurfskegeln, Schlackenkegeln, wohl charakterisirten, mit deutlichen Kratern in Verbindung stehenden geflossenen Lavaströmen ist nicht die Rede mehr; die Conglomerate, Trümmergesteine

und Tuffe, welche häufig die Gesteine begleiten, nehmen mit zunehmendem Alter auch an fremdartigem Ansehen und Verhalten zu; Gänge und Verzweigungen in anderen Gesteinen werden seltener und können ebensogut durch Ausfüllung von oben und von der Seite her als durch Aufsteigen der Massen von unten her erklärt werden; von den sogenannten Contactwirkungen, die man früher ohne Weiteres als Wirkungen der Hitze auffasste, räumen genauere mineralogische und chemische Untersuchungen eine nach der andern weg, um sie auf Rechnung der Wechselwirkungen zu setzen, die durch Auslaugung der einander begrenzenden Gesteine innerhalb der Sickerwasser sich abspielen. Die Metamorphose der Gesteine selbst hat in erhöhtem Maasse Platz gegriffen, so zwar, dass man von keinem derselben behaupten kann, es sei nur annähernd noch in dem Zustande, in welchem es gebildet wurde. Eine Entscheidung ist in den meisten Fällen nach dem jetzigen Stande der Untersuchungen durchaus unmöglich, und die Ansicht, welche der Einzelne von der Entstehung dieser Gesteine hegt, wird häufig sogar nur von dem Ausgangspunkte der Untersuchung abhängen. Derjenige, welcher von den echt vulcanischen Producten der Jetztzeit ausgeht, wird eine ununterbrochene Reihe von Erscheinungsweisen finden, die ihn bis zu dem Granit und den ihm verwandten Gesteinen führt, während ein Anderer, der von den unzweifelhaft geschichteten Schiefern und Kalken ausgeht, durch eine ebenso ununterbrochene Reihe von zunehmenden Metamorphosen und Veränderungen ebenfalls bis zu den granitischen Gesteinen geführt wird. Sowohl die Lagerungsverhältnisse, wie auch die Resultate der chemischen, mineralogischen und mikroskopischen Untersuchung der Gesteine lassen jetzt noch Deutungen nach beiden Richtungen hin zu, und dies um so mehr, als die Untersuchungen bei weitem noch nicht so in das Einzelne gegangen sind, als es nöthig wäre. Es dürfte deshalb am gerathensten erscheinen, einzelne Beispiele genauer in das Auge zu fassen, deren Beziehungen zu anderen Vorkommnissen dann leichter ermessen werden können.

Die Porphyrgebilde.

§. 1267. In mineralogischer Hinsicht lassen sich diese Gesteine in zwei grosse Gruppen theilen: Quarzfreie oder die Gruppe der Melaphyre, und quarzhaltige oder die Gruppe der Porphyre. Zu den ersteren gehören die Augitporphyre, wesentlich aus Labrador und Augit bestehend, die eigentlichen Melaphyre, wo neben Oligoklas und Augit stets noch Hornblende vorkommt, nebst ihren verschiedenen Abarten und Umwandlungsproducten bis zu Mandelsteinen, Spiliten und Tuffen und von welchen aus sich Reihen darstellen lassen, die durch den Oligoklas des Melaphyrs zum Diorit und Porphyrit, und durch den Labrador des Augitporphyrs zum Diabas und Gabbro hinführen. Indessen ist sowohl

die specifische Natur des Feldspathes, wie der Gehalt an Quarz nicht durchaus entscheidend, indem mitten in den Massen auch sonst ganz gleich sich verhaltende Stücke vorkommen, die entweder den zweiten Feldspath oder auch Quarz enthalten, von welchem es noch unentschieden ist, ob derselbe ausgeschieden oder infiltrirt ist.

Alle diese Gesteine gehören älteren Epochen, von der Kreide an abwärts an. Indessen lässt sich nicht lengnen, dass eine Art Zusammenhang der Gruppen mit den neueren Eruptivgesteinen hesteht, indem die qnarzfreien sich an die hasaltischen, die qnarzhaltigen an die trachytischen Gesteine anschliessen. Es fehlen zwar durchans, wie schon hemerkt, die Answurfskegel nnd das eigenthümliche Aussehen der Lavaströme, dagegen sind eine Menge anderer Erscheinungen vorhanden, welche anf gleichen oder ähnlichen Ursprung mit Basalten und Trachyten hindeuten. Nicht nnr Trümmergesteine und Conglomerate in grossen Massen, sondern förmliche Tuffe kommen vor. „So lässt sich," wie Tschermak sagt, „eine continuirliche Folge zusammenstellen von dem massigen Augitporphyr angefangen his zu den Tnffen, die ans dessen Trümmern nnd fremdem Material oder ans fein geschlämmtem Pulver desselben nnd Kalkstein oder aus einem ganz homogen und stehenden, gleichsam regenerirten Gestein hestehen. Alle diese Massen nnterscheiden sich in ihrem Auftreten nnr wenig von der compacten Felsart, aber ihre mechanische Beschaffenheit zeigt, dass sie nicht in derselben Weise gebildet wurden nnd ob man sich nun den frühern Zustand des Augitporphyrs als einen schlammartigen oder einen heissflüssigen vorstellt, so wird man zngeben müssen, dass bei der Entstehnng dieser Tuffbildungen das Wasser mitgewirkt habe nnd zwar bevor die Massen völlig fest waren."

Wenn so auf der einen Seite die massenhaften Tuffbildungen eine grosse Aehnlichkeit mit denjenigen zeigen, welche in der Umgegend von vulcanischen Laven vorkommen, so sieht man auf der andern Seite Gesteine, deren Geflossensein kaum in Ahrede gestellt werden kann. Innerhalh der Melaphyre nnd Angitporphyre Südtyrols kommen, am Südabhang des Mulatto hei Predazzo, im Val Moodié am Latemar Gesteine vor, welche in keiner Weise vom Basalt zu trennen sind und so sehr mit demselben, auch im Olivingehalt übereinstimmen, dass man mit Tschermak hehaupten kann, es sei jetzt his in das Detail nachgewiesen, dass der Angitporphyr und zum Theil anch der Melaphyr Südtyrols umgewandelte Basalte seien, dass zwischen beiden nnr ein Unterschied des Alters hestehe, hervorgerufen durch fortschreitende Umwandlung, die nicht an allen Pnnkten gleichmässig ausgehildet ist. Ebenso erscheinen die Pechsteine der qnarzhaltigen Porphyre in ihrem Verhalten so durchaus ähnlich den Pechsteinen, welche aus verglastem Trachyt gehildet sind, dass sie sich weder petrographisch noch §. 1268.

mikroskopisch von denselben trennen lassen, so dass also auch hier eine ununterbrochene Reihe hergestellt wird. Nicht minder häufig, als Tuffe und verglaste Massen sind Einschlüsse des Nebengesteines in die verschiedenen Porphyre selbst, die schliesslich so weit gehen, dass die Quarzporphyre in eigentliche Conglomerate und Sandsteine und die quarzlosen Porphyre in Gesteine übergehen, welche mit dem Taviglianaz-Sandsteine der Alpen Aehnlichkeit haben.

§. 1269. Die Porphyre erscheinen, wenn sie eine weitere Ausdehnung besitzen, als Decken und Plateaus, deren oberflächliche Bildung theils durch Erosionen, theils auch vielleicht dadurch motivirt ist, dass die einzelnen Stöcke der Decke zu verschiedenen Zeiten gebildet und mit einander verschmolzen sind. Die grösste Ausdehnung zeigt in dieser Beziehung der Quarzporphyr im südlichen Tyrol hauptsächlich auf dem linken Ufer der Etsch zwischen Meran, Botzen und Lavis, sowie in Sachsen in der Umgegend von Meissen, während die Melaphyrdecken im Saarbecken der Pfalz, am Harz und im südlichen Tyrol auf der Ostseite des Porphyrgebietes von Botzen eine weit geringere Ausdehnung besitzen. Ausserdem zeigen sich Stöcke und Kuppen, die wohl grösstentheils durch Wegführung der umgebenden Sedimente freigelegt sind und vielfache, oft sehr mächtige Gänge, die zuweilen meilenweit in die umgebenden Gesteine sich fortsetzen. Kugliche, säulenförmige und plattenförmige Absonderungen kommen nicht selten vor und letztere lassen sich zuweilen von wirklicher Schichtung nicht unterscheiden.

Wir fassen in den folgenden Darstellungen stets die Gruppe der quarzfreien Porphyre unter dem Namen Melaphyr zusammen, während wir die quarzhaltigen einfach als Porphyre bezeichnen. In geologischer Beziehung lässt sich zwischen den verschiedenen mineralogischen Varietäten der beiden Gruppen kein Unterschied festhalten.

§. 1270. Die **Melaphyre** verdienen, hauptsächlich auch der Rolle wegen, welche man ihnen früher zuschrieb, eine besondere Berücksichtigung. Umwandlung und Verwitterung haben in diesen Gesteinen eine grosse Rolle gespielt. Das ursprüngliche Silicatgestein findet sich wohl nirgends erhalten, sondern durch Mandelsteinbildung, Ausscheidung in Klüften, Pseudomorphosen und Verwitterung mehr oder minder verändert. Der Melaphyr zeigt sehr häufig eine mandelförmige Structur mit eingesprengten Drusen von Agathen, Calciten, Delessiten und Hämatiten. Die Mandeln sind meistens an dem Rande der Masse entwickelt und sehr häufig in einer und derselben Richtung abgeplattet, eine Erscheinung, welche auf Bewegung unter starkem Druck nach einer bestimmten Richtung hindeutet. An manchen Orten scheinen die Melaphyre in massivem Zustande als gewaltige Conglomeratmassen aus der Tiefe gedrungen zu sein; wenigstens hat man in Caltonhill bei

Edinburgh Melaphyrmassen gefunden, deren Conglomerate deutlich Reibungsstreifen und geglättete Flächen zeigen und zerquetschte Steinkohlenmassen enthalten, offenbar ein Beweis, dass diese Conglomerate im festen Zustande heftigem Reibungsdrucke ausgesetzt waren. Die Agathe sind in diesen melaphyrischen Conglomeraten sehr häufig, und ihre gebänderte Structur scheint zu beweisen, dass die Quarzlösung, welche sich bildete, von aussen her durch Infiltration eindrang. Sehr oft findet man selbst den Punkt, von welchem aus diese Infiltration geschah, deutlich in der Agathdruse angezeigt. Eine der berühmtesten Lagerstätten solcher Agathe findet sich in der Nähe von Oberstein in der Pfalz. Ob die Mandeln durch Ausfüllung ursprünglicher Blasenräume in dem Gesteine oder dadurch gebildet wurden und noch werden, dass bei der Umwandlung des Gesteins von einzelnen Punkten nur Knollen oder rundliche, aus Calcit oder Kaolin bestehende Körner sich erzeugen, die dann später durch Delessit oder Quarz ersetzt werden, ist eine noch ungelöste Streitfrage. Dieselben Mineralien, welche die Mandeln bilden, kommen auch auf Spalten als Ausfüllungsmassen vor. Die Verwitterung oxydirt zuerst das Eisen, das Gestein wird roth, braun, porös, weich, der Augit tombackfarbig, der Feldspath röthlich und zuletzt zerfällt das Ganze in Thon, in welchem die Quarzmandeln zurückbleiben.

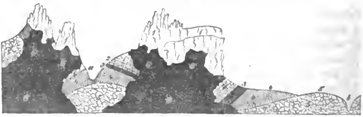
Das südliche Tyrol bis zu den Umgebungen von Lugano ist die classische Gegend für den Melaphyr, sowie für die Verhältnisse desselben den geschichteten Gesteinen gegenüber. Die Melaphyre finden sich hier in grossen Massen und oft begleitet von gewaltigen Conglomeratschichten, wahren Melaphyrtuffen, die hier und da Spuren von Schichtung zeigen und Bruchstücke der Kalksteine enthalten, durch welche die Melaphyre durchgebrochen sind. An einigen Orten zeigen diese Tuffe sogar Spuren von Schichtung, indem sie in einzelne dünne Lager von Bruchstücken aller Art und Fragmenten sehr verschiedener Grösse sich absondern. Zuweilen sind diese Fragmente so schlackenartig, dass man an eine lavaähnliche Natur der ganzen Masse glauben könnte, in anderen Fällen wieder scheint der Kalk gänzlich zu Pulver zermalmt und wieder zusammengekittet durch den Melaphyr. §. 1271.

Man findet in der Umgebung von Lugano Kalksteinfragmente von ziemlich bedeutender Grösse in den Melaphyr eingelagert, die durchaus keine Veränderung zeigen, und in dem Fassathal in Tyrol sowie bei der Brücke von Moena in der Nähe von Lugano zeigen sich Melaphyrgänge, welche den Kalkstein durchbrochen haben, ohne dass derselbe in seinem Verhalten und seiner Zusammensetzung verändert schiene, mit Ausnahme der unmittelbaren Begrenzung, welche bis zu einigen Millimetern Tiefe etwas krystallinischer geworden zu sein scheint. Ebenso wenig sind die rothen Sandsteine, welche in den genannten

Gegenden häufig mit den Melaphyren in Berührnng sind, durch dieselben verändert worden. Es zeigt sich mithin aus diesen Beispielen, dass die Melaphyre keine bedeutenden Contactwirkungen ansühten, indem die beobachteten Thatsachen, wie Bildnngen von Eisenspath, Bitterspath, Qnarz u. s. w. auf die einfachste Weise sich dadnrch erklären, dass die Sickerwasser ans den Melaphyren Kieselerde nnd Eisenverbindungen anflösten, die beim Eindringen in das Nebengestein gefällt wurden nnd die verschiedenen Krystalle bildeten.

§. 1272. Das Fassathal in Tyrol mit seiner nächsten Umgebnng, von welcher wir Fig. 930 einen Durchschnitt geben, lässt die Verhältnisse des Mela-

Fig. 930.



Durchschnitt des Fassathales in Tyrol.
1 Dolomit. 2 Geschichteter Kalkstein. 3 Gyps. 4 Rother Sandstein. 5 Rother Porphyr. 6 Melaphyr. *a* Fassathal. *b* Eisackthal.

phyrs in den Alpen, sowie diejenigen der rothen Sandsteine, der Dolomite und Kalke in ihrer gegenseitigen Verkettnng am besten überschauen. Die geschichteten Gesteine des südlichen Tyrols hestehen aus den sämmtlichen Gliedern der alpinen Trias, am Grunde aus rothem Sandsteine (Verrucano), darüher aus den geschichteten Kalken und Kalkschiefern der mittlern und obern Trias, über welchen der Hanptdolomit entwickelt ist, welcher gewaltige zerklüftete Felsmassen hildet, die üher den anderen Gesteinen in hohen Gipfeln sich erhehen. Die ansgezeichnet weisse Farhe dieser Felsmassen zieht von Weitem die Blicke an; heim Nähertreten findet man körnige, leicht zerreibliche Dolomite, ohne irgend eine Spur von Schichtung, durch zahlreiche Spalten und Klüfte in senkrechte Felsen zerlegt, welche manerartig emporragen und die seltsamsten Gehirgsformen darstellen. Der Langkofel im Grödenthale zeigt eine solche nngeheure Dolomitmasse von mehren Tausend Fuss Höhe, aus senkrechten Wänden gehildet, an welchen keine Vegetation haftet, und vollkommen unersteiglich. Die Lagerungsverhältnisse stellen sich folgendermaassen dar. Auf dem nach Westen hin zn Tage tretenden Qnarzporphyr lagert der Verrucano, in welchen der Porphyr allmälig übergeht und auf diesem, ganz gleichförmig und eben, der Kalk der untern und mittlern Trias. In dieser

bildet der Melaphyr Gänge, Lager, Decken mit mächtigen Tuffen auf der Oberfläche. Ohne bedeutende Störungen lagert auf diesen die gewaltige Dolomitzone nebst den Schichten der obersten Trias. Aus diesen Verhältnissen schloss Leopold von Buch, indem er den Magnesiagehalt des Melaphyrs mit demjenigen des Dolomites zusammenstellte, dass der Melaphyr ein gewaltiges Eruptivgestein sei, dessen Ausbrüche auch in die Ferne hin die Kalke in Dolomit umgewandelt und überhaupt die Hebung der Schichten bewirkt haben. Diese Ansichten sind heute gänzlich verlassen, da alle Erscheinungen dagegen sprechen. Die Contactwirkungen des Melaphyrs sind gleich Null oder reduciren sich auf Umwandlungen des Nebengesteins durch die Bestandtheile der Sickerwässer; die Schichten, sowohl in der Nähe, als in grösserer Entfernung, sind durch die Melaphyre nicht in ihrer Lagerung gestört. In der That gehen die Dolomite an vielen Orten in rothe wohlgeschichtete Kalksteine über, welche ebenfalls dolomitisch sind, und auf dem Gipfel des Schlern, einer der gewaltigsten Dolomitmassen des südlichen Tyrols, finden sich geschichtete Kalke in vollkommen horizontaler Lagerung über den Dolomiten, die demnach nicht von dem Melaphyr emporgehoben worden sein können. Die im Melaphyr eingeschlossenen Kalktrümmer, die bei Forno z. B. häufig vorkommen, haben genau dieselbe Beschaffenheit und Zusammensetzung, wie das unveränderte Nebengestein, so dass also eine primitive Einwirkung der Melaphyre auf die Nebengesteine sich nirgends nachweisen lässt. Auf der andern Seite schliesst dies keineswegs ein Hervorbrechen des Melaphyrs aus der Tiefe aus, wofür die Gänge und Lager zwischen den Schichten sowie die grossartigen Tuffbildungen sprechen, die man sogar in primäre und secundäre theilen kann, indem letztere aus mechanisch zertheiltem Melaphyr-Material (Melaphyr-Asche) bestehen, welches in Wasser geschichtet und mit Kalk, Glimmer und Thon als Resultate der Zerstörung anderer Gesteine gemischt wurde.

Die Verbindung zwischen rothen und schwarzen Porphyren oder Melaphyren ist überhaupt an vielen Orten so innig, dass eine geologische Scheidung derselben kaum thunlich scheint. Am Luganer-See lässt sich an manchen Orten, wie bei Maroggia und bei Melano, ein gangförmiges Eindringen des rothen Porphyrs in den Melaphyr beobachten. An anderen Orten finden sich Breccien von beiden Porphyren zusammen, und häufig sieht man rothe Porphyrmassen nach aussen hin von Melaphyren überlagert oder auch Melaphyre in dieselben eingeklemmt. Der Monte Bruciato besteht aus einem Porphyrtuff mit Trümmern von schwarzem Pechstein, die im Innern sehr compact und glänzend sind, nach aussen aber von einer ziegelrothen oder braunen Rinde sich umgeben zeigen, welche eine Menge kleiner, gelblich weisser Albitkrystalle enthält. Ausserdem enthält dieser Tuff, der gewissen §. 1273.

Lavatrümmern sehr ähnlich sieht, Fragmente von gewöhnlichem Melaphyr, von Glimmerschiefer, von rothem Porphyr und Granit.

Es scheint unmöglich, bei solchen Verhältnissen eine genaue Grenze zwischen rothem und schwarzem Porphyr zu ziehen, und noch unmöglicher zu bestimmen, welcher dieser Porphyre der ältere sei. Der schwarze Porphyr ist offenbar jünger als das Kalkgebirge, und doch vermisst man sichere Spuren seiner Einwirkung auf den Kalk und glaubt hier und da erkennen zu können, dass er aus der Umwandlung geschichteter Gesteine hervorgegangen sei. Der rothe Porphyr erscheint als die wahre Grundlage des Kalkgebirges, und doch bildet er Gänge im schwarzen Porphyr, den man für jünger halten möchte.

§. 1274. Die Küsten Schottlands und der Inseln dieses Königreiches bieten für die Porphyrgänge ebenso mannigfache und lehrreiche Beispiele dar, als für die Trappe, und die Insel Arran namentlich zeigt an ihren Ufern ausgezeichnete Localitäten, an welchen man das Verhältniss der Porphyrgänge zu den umgebenden Gesteinen untersuchen kann. So findet man an einer Stelle, wo das Ufer aus kaum geneigten Schichten bunten Sandsteines gebildet ist, zwei parallele Gänge gelben Quarzporphyrs, welche in schöne quere Prismen getheilt sind. Diese Gänge werden auf beiden Seiten von Saalbändern wohlcharakterisirten Pechsteines eingefasst, der auf der einen Seite kugelige Absonderungsflächen zeigt. Der Sandstein zu beiden Seiten der Gänge erscheint erdig, und die Sphäroide des Pechsteines lassen in ihrem Innern erdige Pünktchen als Mittelpunkt ihrer Gruppirung erkennen. Man kann diese Gänge in horizontaler Erstreckung einige Zeit lang längs des Strandes unter das Meer verfolgen. An den Klippen, welche der Sandstein bildet, erheben sie sich vertical zu einer geringen Höhe und verschwinden dann unter den überlagernden Sandsteinschichten. In einiger Höhe über den soeben beschriebenen Gängen findet man zwei Pechsteinlager zwischen die Sandsteinschichten eingekeilt und endlich ganz oben in geringer Entfernung vom Ufer eine Hügelkuppe aus gelbem quarzführenden Porphyr gebildet, der fächerartig in Säulen zerlegt ist. Es scheint demnach, als könne man hier die ganze Geschichte eines porphyrischen Ausbruches durch Zusammenstellung dieser Beobachtungen ergänzen. Man sieht die Spalten, durch welche der Porphyr hervorbrach, die hügelförmige Masse, welche er an der Oberfläche bildete, was auf einen mehr breiigen Zustand der Porphyrlava hinzudeuten scheint, und man folgt in den Pechsteinlagern den flüssigen Bestandtheilen, welche eindrangen zwischen die Schichtenlager des Sandsteines, durch welchen der Porphyr durchbrach.

§. 1275. An der soeben beschriebenen Stelle fehlen die Conglomerate gänzlich, die an anderen Localitäten in gewaltiger Masse entwickelt sind.

Dies ist namentlich der Fall in den Vogesen und in dem Schwarzwalde, wo die rothen quarzführenden Porphyre mit den alten rothen Sandsteinen und den rothen Thonen in unregelmässig abgegrenzten Becken abgelagert auftreten, über welche hinaus der bunte Sandstein sich erstreckt. Der ältere rothe Sandstein und der Thon erscheinen so innig mit den Conglomeraten des Porphyrs verschmolzen, dass sie nur ein Product der Zerstörung desselben zu bilden scheinen. In dem Nydeckthale bei Strassburg, sowie bei Baden-Baden und Badenweiler auf der andern Seite im Schwarzwalde sieht man Conglomerate dieser Art, welche einerseits in den Porphyr, andererseits in den rothen Sandstein übergeben, so dass es schwer halten möchte, die horizontale Höhengrenze zwischen Porphyr, Conglomerat und Sandstein an den steilen Thalwänden festzustellen. Die ganze Masse ist in unzählige schmale verticale Prismen getheilt, die äusserst dünn sind und je nach der Höhe aus den angegebenen verschiedenen Gesteinen zusammengesetzt erscheinen.

In der Gebirgsgruppe des Esterel an der Südostküste Frankreichs zeigen sich viele Porphyrgänge, welche offenbar verschiedenen Epochen angehören und bald den Gneiss, bald die bunten Sandsteine durchbrochen haben, oder auch theilweise zu diesen letzteren das Material lieferten. An vielen Orten findet man regelmässige prismatische Säulenabsonderungen, an anderen Localitäten Conglomeratmassen, in deren Nähe die Porphyre sehr häufig eine bänderartige Structur zeigen. Es scheint, als seien diese Bänder und gebänderten Blätter das Resultat einer allmäligen Erkaltung, während welcher die noch dehnbare Porphyrmasse sich langsam fortbewegte und so gleichsam auszog und plattete. In dem Departement des Var findet man ferner an der Montagne de Roquebrune ein äusserst grob gehauenes Conglomerat von Porphyr, welches eine grosse Menge von Granitfragmenten enthält und in unregelmässige senkrechte Blätter getheilt ist. Dieses grobe Conglomerat bildet eine senkrechte Uferklippe, die nach hinten an einen sanft gewölbten Hügel von buntem Sandsteine sich anschliesst. Man kann hier auf das Vollständigste den Uebergang des Conglomerates in den Sandstein verfolgen; die prismatische Absonderung verschwindet allmälig, das Conglomerat wird feiner, allmälig treten Spuren horizontaler Schichtung auf, die immer deutlicher werden. §. 1276.

In den Grubenbezirken von Cornwallis kommen sehr wohlcharakterisirte gelbliche oder bläuliche Porphyre vor, welche meist Gänge von mehren Metern Dicke bilden, zuweilen aber sogar bis zu 20 Metern Dicke anschwellen. Die Grubenarbeiter bezeichnen dieses Gestein unter dem Namen Elvan. Die Schiefer, welche von diesen Elvangängen durchbrochen werden, sind in der Nähe derselben erhärtet, und die §. 1277.

Elvangänge selbst zeigen an den Rändern ein feineres Korn und gehen zuweilen in eine granitische Structur über, so dass einzelne Elvanstücke durchaus nicht von Granit zu unterscheiden sind. Zuweilen findet man Bruchstücke von Schiefer in die Porphyrgänge eingebacken.

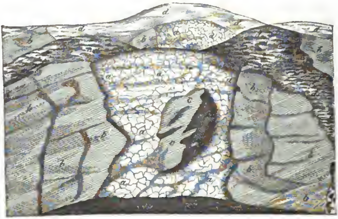
§. 1278. Bei dem Melaphyr schon wurden Massen rothen Porphyrs erwähnt, die sich in dem südlichen Tyrol an vielen Stellen finden. Die rothe Farbe dieser Porphyre dringt meistens nur bis auf eine gewisse Tiefe von der Oberfläche ein, und die innere Masse zeigt eine bläuliche Farbe, ein Beweis, dass die rothe Farbe nur eine Folge der Oxydation des in der Porphyrmasse enthaltenen Eisens ist. In der Nähe von Botzen findet man Porphyr-Breccien, welche eckige Fragmente anderer Porphyre enthalten und somit den Ausbruch der Porphyrmassen zu verschiedenen Epochen nachweisen. In derselben Gegend zeigen sich die Porphyrmassen sehr häufig in Gestalt prismatischer Massen, welche über horizontalen Lagern säulenförmig abgetheilter Porphyrschichten hervorragen, die mit Conglomeraten und rothen Sandsteinen abwechseln, wie denn überhaupt auch hier in dem Tyrol stets eine gewisse Verkettung der Porphyre und der Sandsteine hervortritt, während der Melaphyr mehr in Beziehung zu den Kalken sich zeigt. Der Durchschnitt des Fassathales, Fig. 930, zeigt diese gegenseitigen Beziehungen sehr deutlich.

§. 1279. In Sachsen finden sich namentlich in der Gegend von Freiberg und Tharand mannigfache Gänge von Porphyr, welche meist mit Conglomeraten, oft auch mit Erzgängen verbunden sind und, da sie meist als Lager zwischen den Gneissschichten erschienen, von den Anhängern Werner's auch als neptunischen Ursprungs betrachtet wurden. Die gewöhnlichste Art des Gesteines, die vorkommt, ist eine röthlich erbsengelbe Felsart von dichtem oder sehr kleinkörnigem Gefüge mit einzelnen kleinen Quarzkörnern und undentlichen kleinen Feldspathkrystallen. Man bezeichnet dies Gestein unter dem Namen des Feldsteinporphyrs. Zuweilen wird dieser Feldsteinporphyr mehr erdig, seine Farbe braunroth, der Bruch matt und wird dann Thonporphyr; an anderen Orten hat er einen muschligen, splittrigen Bruch, hellrothgraue Farbe und zeigt auf den glänzenden Bruchflächen kleine Feldspathkrystalle und stark glänzende Quarzkörner; er wird in diesem Falle Hornporphyr genannt. An einigen Stellen in Sachsen sowohl wie in Böhmen, wo sich diese Porphyrformation fortsetzt, wird das Gestein granitisch in seiner Structur, und geht endlich so unmerklich in wahren Granit über, dass es kaum möglich ist, eine Grenze zu bestimmen, so namentlich bei Töplitz; während in der Nähe von Meissen sogar Varietäten von Pechstein vorkommen, welche sich zu dem Porphyre zu verhalten scheinen, wie Obsidian zu dem Trachyte, und Gänge in gewöhnlichen Feldsteinporphyren bilden.

Aus den genaneren Untersuchungen über die Lagerung dieser sächsischen Porphyre, die man als Typus sämmtlicher Porphyre für Dentschland anerkennen kann, hat man den Schluss gezogen, dass die vermeintlichen Lager stets Gänge waren, welche die Gneissschichten nur unter sehr geringem Winkel schneiden, so dass sie bei geringen Erstreckungen als parallel angesehen werden konnten, während bei Verfolgung in grössere Tiefe und Entfernung hin die Kreuzung des Porphyrs mit den Gneissblättern und die Durchbrechung der letzteren deutlich wurde. Da man an manchen Stellen den Porphyr durch die Erzgruben bis zu 200 Lachtern (400 Meter) Tiefe aufgeschlossen hat, so konnte solche Erstreckung schon hinreichenden Aufschluss geben. Währeud an den meisten Orten indess die Abweichung des Parallelismus nur gering war, so fand man sogar hier und da zickzackförmiges Aufsteigen des Porphyrganges und Abweichungen von 67 Grad zwischen dem Porphyrgange und den Gneissblättern. Bei solchen Verhältnissen kann natürlich nicht von Zwischenlagerung die Rede sein. Die Contactverhältnisse zwischen dem Porphyr und den von ihm durchbrochenen Gesteinen liessen dies noch auffallender erkennen. Fast überall bietet der Gneiss wellenförmige Berührungsflächen oder vor- und einspringende Winkel und Bruchflächen; an vielen Punkten ist er fest mit dem Porphyre verwachsen, und zeigt in der Nähe der Berührung aufgehobene, geknickte und vielfach gewundene Blätter; ja an einigen Stellen sind die Blätter des Gneisses so zersplittert und mit Porphyrmasse durchwoben, dass man einen allmäligen Uebergang von Gneiss in Porphyr zu sehen glaubt; an vielen Orten ist der Porphyr von Saalbändern eingefasst, die aus förmlichen Breccien und Conglomeraten gebildet sind, welche eine Menge von Bruchstücken des durchbrochenen Gesteins enthalten. So findet sich in Sachsen am Südrande des Tharander Waldes bei Dorfhain ein über eine halbe Stunde langer Porphyrgang, welcher von der mächtigen, mehre Quadratmeilen deckenden Porphyrmasse des Tharander Waldes ausgeht und mit deren Rande parallel läuft, so dass eine grosse Gneissmasse von etwa 8 Millionen Quadratfuss Oberfläche zwischen dem Gange und der Hauptmasse eingeschlossen ist. Diese ganze eingeschlossene Gneissmasse ist unvollkommen zertrümmert, zermalmt und die Trümmer durch Porphyr zusammengeklebt. In der Nähe von Tharand bricht der Porphyr durch Kalk, dessen Schichten aufgerichtet sind. Ein breites Saalband von Kalkconglomerat und Porphyr trennt die beiden Gebilde. An vielen Stellen sind die Bruchstücke der Gesteine gänzlich von dem Porphyre umhüllt, eingeschlossen und offenbar wie von einer geschmolzenen Masse umgeben worden. Eins der schönsten Beispiele dieser Art liefert die beistehende Abbildung eines Steinbruches bei Freiberg (Fig. 931 a. f. S.) selbst, wo mitten in dem mächtigen, vertical stehenden Porphyrgange *a* ein gewaltiges Stück von Gneiss (*c*) eingeschlossen ist, welches offenbar von den beiden umge-

benden Gneisslippen *bb* losgesprengt und von der flüssigen Masse eingehüllt wurde.

Fig. 931.



Porphyrgang in einem Steinbruche bei Freiberg.
aa Porphyr. *bb* Gneiss. *c* Eingeschlossener Gneissblock. *da* Mit Gras bewachsene unaufgedeckte Stellen.

§. 1280. Die **Vogesen** zeigen ausser den rothen oben erwähnten Porphyren noch eigenthümliche braune Porphyrmassen, welche offenbar weit älter als die rothen Porphyre sind und theilweise der devonischen Epoche, theilweise noch älteren Formationen angehören; diese **braunen Porphyre** bilden meistens eigenthümliche Kuppen oder Gänge im Granit und im Gneiss, von welchen Gesteinen sie sich stets scharf unterscheiden.

Die auffallendsten Uebergänge des Porphyrs in granitische Massen finden sich in der Umgegend der **Seen von Lugano und Lago maggiore.** Auf der einen Seite finden sich hier Porphyre, deren Grundmasse allmälig krystallinisch wird und zuletzt eine ebenso vollständige Sonderung der einzelnen Elemente zeigt als der Granit; andererseits sieht man Granite, deren Korn allmälig undeutlich wird, und in welchen sich Feldspathkrystalle entwickeln, so dass die ganze Masse ein porphyrisches Ansehen gewinnt. Die Uebergänge dieser beiden Gesteine sind demnach hier so allmälig, dass an eine Unterscheidung derselben kaum zu denken ist.

Auf der Nordseite der Alpen findet sich ein durchaus isolirtes Vorkommen von Feldsteinporphyr an der Windgelle, dem höchsten Berge der Gotthardsstrasse, nicht weit von dem Gipfel. Merkwürdiger Weise ist aber dieser Porphyr so enge mit dem Hochgebirgskalk, welcher die Windgelle bildet, verwachsen und durch Einmengungen verbunden, dass man ihn eher für späteres Erzeugniss von Infiltration und Aus-

tausch, als für emporgedrnngen halten möchte. Der Uebergang zwischen dem Kalk uud dem Porphyr wird durch grobschiefrige Hornfelsmasse vermittelt, in der sich neben Quarzkörnern auch röthliche Feldspathkrystalle ausgeschieden haben. Anderseits hat man aus der Häufigkeit des Vorkommens von Porphyrstücken in der Nagelflue des nördlichen Alpenrandes den Schlnss gezogen, dass dort ähnlich wie im Süden, Porphyrmassen entwickelt waren, von welchen das Vorkommen an der Windzelle den Rest bildet und deren zerstörte und in Rollsteine reducirte Massen zur Bildung der Nagelflue verwendet wurden.

Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, dass bei dem gegen- §. 1281.
wärtigen Stande der Wissenschaft hinsichtlich des Ursprunges der Porphyre kein endgültiger, alle Thatsachen umfassender Schluss gezogen werden könne. Sind die Porphyre aus Eruptionen hervorgebildet? Waren diese Eruptionen ähnlich den heutigen vulcanischen Ausbrüchen, die Porphyre also feuerflüssige Massen? Fehlte die höhere Temperatur ähnlich wie bei den heutigen Schlammvulcanen? Sind sie nur Ansfüllungsmassen, nachträglich entstanden dnrch Umwandlung ursprünglich geschichteter Gesteine? Keine dieser Fragen lässt sich kategorisch beantworten und vielleicht dürfte die Antwort in der Art gefunden werden, dass für jede Porphyrmasse ein besonderer Bildungsgang erschlossen werden muss und dass für die eine gültig ist, was bei der andern zurückgewiesen werden muss.

5. Die Serpentin- und Gabbrogesteine.

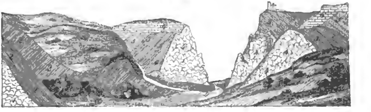
Es wurde schon früher angeführt, dass die Serpentine als Gesteine §. 1282.
von ansgezeichnet basischer Zusammensetznng in engster Beziehung zu den Euphotiden und den Diallaggesteinen stehen; in geologischer Beziehung lassen sich diese Gesteine durchaus nicht trennen, da ihr Verhalten zu den umgebenden Gesteinen ganz dasselbe ist.

Die Serpentine finden sich häufig in unregelmässigen Massen ohne alle Spur von Schichtung als unförmliche Hügel, Dome oder schwammförmige Massen. Die innere Masse dieser Serpentine wird meist aus lauter rundlichen, ellipsoidischen oder abgeplatteten linsenförmigen Fragmenten gebildet, welche sehr häufig Spuren von Reibung auf ihrer Oberfläche zeigen. Zuweilen sind diese Fragmente so klein, und die Spalten, welche die Masse durchsetzen, so häufig, dass es fast unmöglich wird, einen frischen Bruch des Serpentins zu erhalten, sondern dass bei jedem Hammerschlage nur die einzelnen rundlichen Fragmente sich von einander trennen. Die seifige Beschaffenheit des Serpentins scheint auf diese Art der Absonderung nicht ohne Einfluss gewesen zn sein. Ob die schimmernden und streifigen Flächen, welche sich an den Fragmenten erkennen lassen, wirklich als Reibnngsflächen

zu betrachten sind, ist noch zweifelhaft; noch mehr der Schluss auf eruptive Bildung. Im Gegentheile scheinen viele Beobachtungen darauf hinzudeuten, dass die Serpentine Schichten und Lager bilden zwischen sedimentären Gesteinen und mit diesen gleichen Ursprung haben.

§. 1283. Die Epoche, innerhalb welcher die Serpentine sich bildeten, kann in den meisten Fällen deshalb nicht bestimmt werden, weil die abgelagerten Sedimentgesteine in der Nähe oft nur in sehr unvollkommener Aufeinanderfolge sich zeigen. So findet sich in dem Departement des Tarn in der Nähe von St. Martin (Fig. 932) das Bett des Aveyron in

Fig. 932.



Die Serpentinmasse von Saint-Martin-de-la-Guepie.
1 Granit. 2 Gneiss. 3 Talkiger Gneiss. 4 Serpentin. 5 Bunter Sandstein. 6 Tertiärer Süsswasserkalk. *a* Aveyronfluss.

Serpentin (4) eingegraben, der zu beiden Seiten längs der Ufer sich erhebt und fortlaufende Wälle bildet, an welche zu beiden Seiten Gneissschichten (2 und 3), sowie weiter hin Lager von buntem Sandsteine (5) sich anlehnen. Ueber alle diese aufgerichteten Schichten lagern sich in horizontaler Erstreckung Süsswasserkalke (6), deren Absatz offenbar nach der Aufrichtung des Gneisses und des bunten Sandsteines statthatte; indessen kann dennoch diese Beobachtung nicht dazu dienen, die Epoche des Durchbruches zu bestimmen, indem zwischen der Ablagerung des bunten Sandsteines, welche vor dem angenommenen Durchbruche stattbatte, und derjenigen des tertiären Süsswasserkalkes eine lange Reihe geologischer Formationen sich einschiebt, über deren Verhalten uns an der bezeichnenden Stelle keine Auskunft gegeben ist.

§. 1284. In dem nördlichen Italien beobachtet man namentlich auf toscanischem Gebiete sehr häufig Gänge und Lager von Serpentinen und Euphotiden, an deren Rande der Nummulitenkalk und die Schiefer des Apenninensystems in Jaspis verwandelt worden sind. Sehr oft bilden der Serpentin und der Euphotid Gänge, welche die Kalk- und Schieferschichten durchbrochen, in den meisten Fällen aber finden sie sich als Lager zwischen den Schichten, und zwar meistens in der Art, dass der Serpentin ein Saalband von Euphotid hat, welches mit ihm theilweise

zusammengeschmolzen ist, und das auf der anderen Seite von dem röthlichen Jaspis eingefasst wird. Es sind dies offenbar Infiltrationswirkungen, durch Auslaugen des Serpentins und Einführung der Kieselerde in die Nebengesteine bedingt.

Die Serpentine bilden in den südlichen Alpen und zwar nament- §. 1285.
lich in demjenigen Zuge, welcher von dem Monte Rosa aus durch Savoyen nach der Dauphiné sich hinzieht, eine Menge gewaltiger Massen, deren Structur und Verhältniss zu den mannigfaltig verworrenen metamorphischen Gesteinen jenes Alpenzuges nur selten mit Klarheit erkannt werden kann. Doch steht soviel sicher, dass die Serpentine bei Fouilly, am Montanvert und überhaupt in der Montblanckette gleichförmig zwischen die Gneisstafeln eingelagert sind; dass die in den Triasschichten Savoyens, am Loi, Mont Jovet im Thal von Bruglié mit diesen wechsellagern, im Wallis, in Corsica unzweifelhafte Schichten bilden und überall fast so unmerklich in Talkschiefer oder grüne Schiefer übergehen, dass keine Grenze zu ziehen ist. Der Mont Genèvre in der Dauphiné bietet in dieser Hinsicht eine merkwürdige Masse dar. Die Gehänge des Berges werden von geschichtetem Kalke gebildet, der ziemlich steil aufgerichtet ist. In einiger Entfernung, an dem Fusse des Berges, sind diese Kalksteine vollkommen compact und enthalten Versteinerungen, welche den Jurakalken eigenthümlich sind. Ueber die Stellung dieser Kalke im System kann demnach kein Zweifel sein. Beim Ansteigen über dieselben nach der Höhe des Berges hin sieht man eine allmälige Aenderung ihres Verhaltens; sie werden körnig wie Marmor, verlieren ihre Fossilien, und zeigen hier und da eine förmliche Umsetzung in Dolomit. Der Serpentin selbst, welcher hier und da den Kalkstein durchbrochen hat, bildet nicht sowohl Gänge, als vielmehr unregelmässige Massen von mandelförmiger Structur, welche alle leeren Zwischenräume erfüllen. Der Kern des Berges, welchen man auf der Höhe des Passes überschreitet, wird von einer gewaltigen Masse compacten Euphotides gebildet, um welche herum mächtige Lager und unregelmässige Schichten schiefrigen Serpentins und kalkhaltiger Talkschiefer aufgerichtet sind, die wieder durch bedeutende Mengen von Conglomerat und porphyrischem Gesteine von dem mittlern Euphotidkerne getrennt sind. Die Kalkschichten erheben sich nicht bis zu der Höhe, in welcher der geschichtete Talkschiefer mit dem Conglomerat und dem inneren ungeschichteten Euphotidkerne erscheint. Der Kalk zeigt sich im Gegentheil nur an den Gehängen der Basis des Berges, und sein Contact mit dem Serpentin ist leider nicht gehörig aufgeschlossen. Der Serpentin erscheint hier also als Zwischenlagerung in den Talkschiefern und die Veränderungen derselben sowie des Kalkes sind wohl nur als Metamorphismus durch Infiltration aufzufassen.

§. 1286. Bedenkt man diese Fälle, welchen sich noch manche andere anreihen lassen, so erscheint der Schluss auf eine Bildung der Serpentine und der verwandten Gesteine durch metamorphische Processe und Umbildung aus ursprünglich sedimentären Gesteinen nicht zu gewagt. Dieser Schluss wird noch durch den Umstand unterstützt, dass der Serpentin in Canada nicht nur mit den anderen Gesteinen gleichförmig geschichtet ist, sondern dass er auch die Zwischenräume und Kammern des Eozoon canadense ausfüllt, also den frühern Thierkörper ersetzt hat, während das Kalkgerüste des Rhizopoden sich erhalten hat; hier muss also die ausfüllende Serpentinmasse auf nassem Wege gebildet sein. Andererseits glaubte schon H. Rose, dass der Serpentin vom Peridot abstamme, eine Meinung, welche durch die Versuche von Daubrée einige Bestätigung zu finden scheint.

§. 1287. Die Ophite, welche man ihres Magnesiagehaltes wegen ebensowohl den Serpentinen als den Dioriten anreihen kann, bilden eigenthümliche abgerundete Hügel an dem Fusse der Pyrenäen. Das Gestein selbst ist sehr wechselnd und neigt sich bald mehr den Dioriten, Amphiboliten und Spiliten, bald mehr den Serpentinen und Talken zu. An den meisten Orten ist es deutlich geschichtet und wechsellagert mit krystallinischen Schiefern, in die es zum Theil übergeht; es enthält hier und da Kalksteine; die Contactwirkungen beschränken sich auf Bildung von Krystallen innerhalb deutlich geschichteter Kalke, in welchen zuweilen sich noch wohlerhaltene Versteinerungen finden. Meist sind die Ophite schalenförmig von krystallinischen, zuweilen Rauchwacke ähnlichen Kalken und Dolomiten und gefleckten Mergeln umgeben, die das Resultat ihrer eigenen Zersetzung scheinen; in diesen Mergeln finden sich verworrene Schichten von Gyps. Wenn alle diese Thatsachen sich nur schwer mit der bisher angenommenen eruptiven Natur der Ophite vereinen lassen, so existiren wirkliche Gänge von Ophit und verwandten Gesteinen in geschichteten Massen, welche deutliche Spalten ausfüllen. Garrigou schliesst aus diesen Verhältnissen, dass die Ophite durch Einwirkung heisser Mineralwasser auf Thone und Thonschiefer entstanden seien, welcher einen ziemlich bedeutenden Salzgehalt zeigt; die meisten Salzquellen von Navarra entspringen aus diesen Gypsmassen.

6. Die Grünsteine.

§. 1288. Wir begreifen unter diesem Namen alle jene Gesteine, die man mineralogisch als Diorit, Diabas, Hyperit, Monzonit u. s. w. unterschieden hat. Ihr geologisches Verhalten ist stets dasselbe und die Uebergänge durch Umtauschung der Hornblende gegen Augit oder

des Oligoklas gegen Labrador so häufig, dass sich keine genaue Grenze ziehen lässt.

Eins der schönsten Beispiele dieser Uebergänge findet sich am Monzoni bei Predazzo im südlichen Tyrol. Der sogenannte Monzonit, wesentlich aus zwei Feldspathen, Orthoklas und Ragioklas mit Hornblende und Glimmer bestehend, bildet hier eine gewaltige unförmliche Masse eines grobkörnigen Gesteines, welche mit schroffen Abhängen in die Höhe steigt. Auf der einen Seite stossen an diese krystallinische Masse geschichtete Kalksteine, auf der andern bunter Sandstein an. Der Monzonit hat eine sehr wechselnde Zusammensetzung, auf der einen Seite geht er durch Ausfallen des Orthoklas in echten Diorit, auf der andern durch Ueberhandnehmen desselben in echten Syenit über und in ihm kommen stets Gänge von sehr wechselnder Zusammensetzung auf, die schliesslich ein wahrer, aus Labrador und Augit bestehender Diabas werden, den man früher Hyperit nannte, indem man den Augit für Hypersthen hielt. Die Veränderung der Gesteine in der Nähe dieser Massen ist äusserst merkwürdig. Der Sandstein wandelt sich allmälig in Quarzit und in Jaspis um, der in seinem Verhalten sehr viele Aehnlichkeit mit jenem Quarzit zeigt, welchen die Einwirkung der Sickerwasser aus dem Basalte auf den bunten Sandstein erzeugt hat. Der Kalk ist in einiger Entfernung von dem Diabasfels compact, grau und sehr regelmässig geschichtet. Allmälig wird er schiefrig, während zugleich eine körnig-krystallinische Beschaffenheit sich in ihm entwickelt. Die graue Farbe verliert sich in demselben Maasse, als die krystallinische Beschaffenheit zunimmt. In unmittelbarer Nähe des Diabases endlich findet man nur eine gestaltlose Masse krystallinischen meist milchweissen Kalksteines, dessen Krystallkörner eine wahrhaft gigantische Grösse erlangt haben, und in welchen keine Spur von Schichtung mehr zu erkennen ist. In dieser zersplitterten krystallisirten Masse finden sich eine Menge von Mineralien in oft prachtvoller Krystallisation, die sich aus dem Kalke heransätzen lassen und zwar in Berührung mit dem Monzonit hauptsächlich Granat, Vesuvian, Gehlenit, Biolit und Spinell, im Contact mit dem Diabas ausser den beiden letzteren noch Fassait, Wollastonit, Serpentin und andere meist thonerdefreie Kalk- und Magnesia-Silicate, während die Contactmineralien des Monzonit vorzugsweise thonerdige Silicate sind. Offenbar weisen diese Thatsachen darauf hin, dass alle diese Mineralien aus wässerigen Lösungen hervorgegangen sind, die von den massigen Gesteinen aus den Kalk durchdrungen haben.

Was nun die eigentlichen **Grünsteine** betrifft, die so viele Uebergänge bieten, so bilden dieselben nur selten domförmige Massen, sondern meistens Gänge, ähnlich denjenigen der Trappe und Basalte, und wenn sie ja auf der Oberfläche in Massen erscheinen, wie dies an einigen §. 1289.

Orten in der Bretagne der Fall ist, so bilden sie schwammförmige Hügel oder Stöcke. Die Gänge zeigen meist in der Mitte eine deutlichere Aushildung der Elemente, während sie an den Saalhändern feinkörnig und dicht werden. In der Nähe von St. Malo beobachtet man an dem Cap Fréel cinige schöne Dioritgänge, welche senkrecht von unten nach oben die horizontalen Lager des alten rothen Sandsteins durchbrochen haben, der in dieser Gegend die Uferklippen bildet. Einer dieser Gänge verzweigt sich heim Aufsteigen und umhüllt cin losgesprengtes Stück Sandstein von allen Seiten. Der Sandstein zeigt dieselbe Umänderung in Jaspis, deren wir schon bei den Basalten und Monzoniten erwähnten. Aehnliche Gänge und im Grünstein eingeschlossene Fragmente hat man an vielen Orten, namentlich in den Karpathen, am Harze und Thüringerwalde, im Erzgehirge in Böhmen und in den Vogesen heobachtet.

§. 1290. Bei den Diabasen, welche namentlich in der Uebergangsformation so häufig vorkommen, ist hesonders das merkwürdige Verhalten zu anderen Gesteinen zu erwähnen, wodurch dieselhen ganz ausgezeichnete Tuffe und Ablagerungen bilden, die mit Sedimentgesteinen vielfach gemischt sind. Sie erscheinen nur selten in Gängen, wie im Rimlasgrunde bei Berneck im Fichtelgehirge, wo ein drei Fuss mächtiger Diabasgang den Kalkstein durchbricht und mit einer darüher lagernden Decke in Verbindung steht. Häufige Gänge finden sich im Silurbecken von Christiania. Meist bilden sie Decken und Lager, die häufig mit den geschichteten Gesteinen so vollkommen wechsellagern, dass an einer gleichzeitigen mit einander abwechselnden Bildung der beiderlei Gesteine nicht gezweifelt werden kann. So erscheinen die Schalsteine nur als Breccien oder Mischungen von Thonschiefer- oder Kalkschlamm, in welchen vor seiner vollständigen Erhärtung das Material des Grünsteines in wechselnden Quantitäten sich einmischte, so dass die mannigfachsten Uebergänge von reinem Grünsteine bis zu reinem, Versteinerungen enthaltenden Kalke sich zeigen und oft noch solche Versteinerungen in den Schalsteinen cingeschlossen sind. Ebenso findet man vielfache Breccien, wie namentlich im sächsischen Voigtlande, in Franken und am Weilhurger Schlosse, wo der Grünstein gewöhnlich jaspisähnliche Massen enthält. Man hat diese Erscheinungen, von der vulcanischen Entstehungsweise der Diahase ausgehend, auf die Weise zu erklären gesucht, dass man annahm, es hahen sich hei den Eruptionen Massen feiner Aschen gebildet, die in die Wasserbecken hineinfielen, in welchen der Kalk sich absetzte und auf den Boden derselben die gemischten Tuffe hildeten. Die Contacterscheinungen in der Nähe der Diabase, wo Jaspis und Eisenerze auftreten, dürften sich wohl auf Infiltrationen zurückführen lassen.

7. Die granitischen Gebilde.

Die Uebergänge der Granite in Porphyre und umgekehrt erscheinen so mannigfaltig, dass man nicht verweigern kann, vielen derselben auch einen gleichen Ursprung zuzuschreiben. Indess entfernt sich der Granit noch weiter von dem gewöhnlichen Typus der vulcanischen Gesteine, als die vorhergehenden Gebilde, indem in seiner Begleitung weder Schlacken, noch glasige geflossene Massen vorkommen, wie dies doch noch zuweilen bei dem Porphyr der Fall ist. §. 1291.

Es giebt wohl kein Gestein, welches so unbestimmte Zusammensetzungen darbietet, wie der Granit; keines, das in Hinsicht der Aggregation seiner Bestandtheile, der Grösse der einzelnen zusammensetzenden Elemente, der Menge der zufällig eingesprengten Bestandtheile und der Farbe derselben so mannigfaltige Wechsel darböte, wie der Granit, und das in Folge dieser Zusammensetzung auch so verschieden in Hinsicht auf ihre Dauer sich verhält. Es giebt feste Granite, welche kaum verwittern, andere, welche fusshoch mit einer Schicht zertrümmerten Gesteines bedeckt sind, und endlich noch andere, welche sich ungleich zersetzen und inmitten der verwitterten Masse härtere Knoten zurücklassen, welche ziemlich gut der Verwitterung widerstehen und als Bausteine benutzt werden können. Der Granit bildet nur in selteneren Fällen Stöcke von meist ellipsoidischer Form, in welchen keine bestimmte Absonderung der Masse erkannt werden kann. Meistens mag diese Form, besonders da, wo Granitinseln aus anderen Gesteinen hervorragen, dadurch hervortreten, dass die früher den Granit überlagernden Gesteine theilweise zerstört und weggeführt sind. Gewöhnlich lässt sich im Granite eine Zerklüftung erkennen, die man früher als schalenförmige Absonderung bezeichnete, die aber der Schichtung wenigstens täuschend ähnlich sieht, wenn sie nicht Schichtung selbst ist. L. von Buch machte auf diese Erscheinung in Schweden aufmerksam; sie wiederholt sich in der Bretagne, in Cornwallis und anderen Orten. Am gewöhnlichsten erscheint der Granit in dicken Bänken wirklicher Schichten, die man als Gneissgranit oder Alpengranit bezeichnet hat und die durch Parallellagerung der Glimmerblättchen und Zunahme der Schichtungsabsonderung in wahren Gneiss übergehen. In den Alpen, wo die Verwitterung nur sehr gering ist, bilden diese Massen scharfe, kühne Zacken, steile Abhänge, gewaltige Thalrisse. In Central-Frankreich, in dem Odenwalde und Schwarzwalde, den Vogesen und anderen granitischen Gegenden bildet im Gegentheil der Granit rundliche Massen mit sanften Abhängen, flachen Thälern und kuppelförmigen Erhebungen. Im Allgemeinen lehnen sich die übrigen Gesteine von allen Seiten her auf die Granitmassen auf;

doch kommen viele Granitstöcke vor, an welchen keine Spur von Aufrichtung der umgebenden Schichten bemerklich ist.

§. 1292. Gänge von Granit in geschichteten Gesteinen sind eine so gewöhnliche Erscheinung, dass man Hunderte von bekannten Beispielen anführen könnte; in diesen Gängen, die häufig sehr fein werden, erscheinen die Krystalle der Ränder meist weniger ausgebildet und der Granit dort feinkörniger; der Glimmer wird seltener und häufig gehen die Gänge am Ende in feine Quarzadern über. Eins der schönsten Beispiele dieser Art bietet der St. Michaelsberg in Cornwallis, ein kleiner Hügel von kaum 50 Metern Höhe, der überall vom Meere umspült wird und durch die Erosion an allen Seiten entblösst ist. Der Hügel besteht zur Hälfte aus Granit und zur Hälfte aus Schiefer, deren Berührungsflächen überall sichtbar sind. Eine ungemeine Menge von Gängen ist von allen Seiten her in den Schiefer eingedrungen, der in einer Breite von 15 Metern etwa ein wahres Netz von Granitadern darbietet. Der Granit selbst zeigt in der Nähe der Berührungsflächen nur ein sehr undeutliches Korn mit eingesprengten Turmalinen. Er enthält eine grosse Menge von Schieferfragmenten, deren Bruchflächen durchaus frisch und unverändert sind. Der Schiefer selbst zeigt sich in der Nähe des Granits wesentlich verändert, seine Masse ist körnig, mit reichlichen Glimmerplättchen durchwebt, welche alle eine bestimmte Lage annehmen und dadurch eine gneissige Masse herstellen.

§. 1293. Die Metamorphosirung der Gesteine in der Umgegend der Granite ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung; meistens werden dieselben mehr oder minder körnig-krystallinisch und zeigen in ihrem Innern eine reichliche Entwicklung von Glimmer- oder Talkplättchen, welche dem Gesteine in der Nähe des Contactes eine mehr oder minder gebänderte Structur ertheilen. Alle diese Contactwirkungen lassen sich auf Infiltration durch die vom Granite aus in die Nebengesteine eindringenden Sickerwasser erklären. Nirgends noch hat man solche Veränderungen nachweisen können, welche aus chemischen Gründen der Hitze zugeschrieben werden mussten.

§. 1294. Ausser den Gängen von Granit in Nebengesteinen kommen auch Gänge von Granit im Granit häufig vor. Oft treten dieselben nur dadurch hervor, dass sie weniger leicht verwittern als der sie einschliessende, in gleicher Art zusammengesetzte Granit; oft aber haben sie auch verschiedene mineralogische Zusammensetzung und Anordnung. Die unmittelbare Umgegend von Heidelberg bietet in den Felsen, auf welchen das Schloss ruht, drei Modificationen verschiedenartigen Granites dar. Der älteste dieser Granite enthält viel schwarzen Glimmer und mancherlei fremdartige Knoten. In diesem schwarzen Granit

bildet ein anderer Granit deutliche Gänge, der in seiner Grundmasse nur wenigen weisslichen Glimmer enthält. Ein sehr grobkörniger Granit mit grossen Glimmerblättern und bedeutendem Gehalte an Quarz bildet endlich die letzten Adern, welche die beiden ersten Gänge vielfach durchbrochen und zerworfen haben.

Durchaus ähnliche Fälle hat man in den Alpen und namentlich in der Nähe von Valorsine beobachtet, wo der Thalboden nicht aus dem gewöhnlichen Protogin der Montblanc-Kette, sondern vielmehr aus echtem Granite gebildet ist, der äusserst wunderliche Gänge in den Protoginfelsen der Thalwandungen bildet. In der Masse des Montblanc selbst, namentlich an den nackten Felsen des Jardin auf dem Eismeere (*Mer de Glace*), finden sich Gänge von feinkörnigem Protogin innerhalb des gewöhnlichen grobkörnigen Gesteines, und hier sowohl wie in den Blöcken der Moränen, welche man am Thalende der Gletscher des Chamounithales antrifft, findet man häufig Fragmente von Glimmerschiefer innerhalb der Protoginmassen eingebacken, um welche herum das Gestein eine gebänderte Structur angenommen hat. Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass der gewöhnliche grobkörnige Protogin des Montblanc in seiner Masse Bruckstücke von anderen Gesteinen enthält und dass er selbst wieder in der Folge zweimal, erst von feinkörnigen Protoginen und dann, bei Valorsine, von echten Graniten durchbrochen wurde. Aehnliche schmale Gänge existiren bei Brinzio, an dem Ufer des Sees von Lugano, in der Auvergne, wo ein rother porphyrischer Granit den gewöhnlichen Granit an vielen Stellen durchbrochen hat. §. 1295.

Im Allgemeinen gehören die Granite älteren Epochen an, und man kennt nur seltene Beispiele, wo sie Schichten neuerer Bildungsepochen durchbrochen hätten. Auf der Insel Elba findet sich indess ein grobkörniger Granit, welcher Gänge in dem nummulitischen Gesteine bildet, das dort die überlagernde Masse bildet. An einigen Orten erhält dieser Granit mehr porphyrische Grundmasse, während er an anderen wirklich echten Granit darstellt. Das nummulitische Gestein ist ausser den Graniten noch von Serpentingängen durchbrochen und diese Serpentingänge sind von den Granitadern vielfach durchschwärmt. §. 1296.

In dem Thale des Irtisch in dem südlichen Sibirien hat man sogar Lagerungsverhältnisse beobachtet, welche so gedeutet wurden, dass der Granit wie eine flüssige Masse aus dem Boden hervorquoll und sich an der Oberfläche gleich einem Lavastrome ausbreitete.

Das Flussufer besteht nämlich dort aus steil aufgerichteten Thonschiefern, die eine wellenförmige Oberfläche haben. Auf den Schichtenköpfen liegt nun heller Granit in fast horizontalen schichtenähnlichen Bänken, der in etwa einer Meile Länge allen Wellenbiegungen der

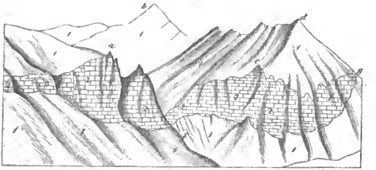
Thonschieferoberfläche folgt. Aehnliche Auflagerungen sind noch an verschiedenen Orten in Sachsen, am Harze und in Norwegen beobachtet worden.

§. 1297. In den Alpen, wo der Granit ohne deutliche Absonderungen höchst selten, der Gneissgranit dagegen sehr häufig vorkommt und hohe Massen mit steilen Abstürzen und wilden Zacken bildet, scheint derselbe nur aus der Metamorphose anderer, geschichteter Gesteine hervorgegangen und nicht als eruptives Gestein hervorgebrochen zu sein. Auf der anderen Seite finden sich indess in denselben Alpen, wo die angeführten Verhältnisse sich zeigen, Gangbildungen des Granites und seltsame, noch unerklärte Einkeilungen von Kalk in den Granit. In der Gebirgsgruppe der Oisans, wo ein talkiger Granit die wildesten Gebirgszacken bildet, findet sich dasselbe Gestein in Form von äusserst schmalen Gängen, die sich in den Thalschichten der anstehenden Gebirgsmassen verlieren. In derselben Gebirgsgruppe zeigen sich die schönsten Beispiele von Einlagerung und Ueberlagerung des Kalkes durch den Granit. So findet man in der Nähe von Villard d'Areine eine gewaltige Gebirgsmasse von Granit, welche auf schief einfallenden Schichten der jurassischen Formation ruht. Man kann die Berührungsfläche dieser beiden Gesteine auf eine weite Strecke hin verfolgen und mit Leichtigkeit Handstücke hauen, welche halb aus Granit, halb aus krystallinischem Kalksteine bestehen, so scharf abgeschnitten ist die Grenze beider Gesteine. Der Kalkstein selbst, welcher in einiger Entfernung von dem Granite mergelig ist und wohl charakterisirte Fossilien enthält, wird an den Berührungsflächen graublau, durchscheinend, hart und krystallinisch, wahrscheinlich kieselhaltig, während der Granit in der Annäherung gegen den Kalkstein allmälig feineres Korn gewinnt und zuletzt in einen wahren Eurit mit fast unkenntlichem Korne übergeht.

§. 1298. Die Einkeilungen von Kalk zwischen granitischen Massen finden sich in den Berner Alpen ungemein häufig, und namentlich an der Jungfrau sowie an den Wänden des Urbachthales im Hasligebiete sind die Lagerungsverhältnisse genauer bekannt geworden. Die beigefügte Linearzeichnung, Fig. 933, stellt die gewaltigen Kalkkeile dar, welche an dem Eingange des Oberhaslithales zu beiden Seiten der Aarschlucht, die nach Guttannen hinaufführt, an den beiden Stücken des Pfaffenkopfes und Laubstockes sich zeigen. Es erscheinen diese Kalkkeile als losgebrochene Stücke der grossen Kalkmassen, welche die Thalwände des untern Hasli bei Meyringen, den queren Sattel des Kirchet, welcher den Kessel von Hasli im Grunde von Unterhasli trennt, und die Kesselwände von Hasli bilden. Die grösste Mächtigkeit dieser Keile beträgt etwa 1000 Fuss; sie bestehen aus hellgrauem, sehr

feinkörnigem oder compactem Kalke, der Belemniten enthält; ihre Schichten fallen südlich in die Gebirgsmasse hinein und lassen sich

Fig. 933.



Kalkeinlagerung am Haslithale.
1 Gneissgranit. 2 Kalk. *a* Pfaffenkopf. *b* Ritzlihorn. *c* Laubstock. *d* Tristenstock. *f* Oberhaslithal. *g* Urbachthal.

längs der Wände des Laubstockes in dem Urbachthale noch etwa eine Stunde weit immer mehr abnehmend verfolgen, bis sie zuletzt in ein nur wenige Fuss mächtiges Lager endigen. An den Berührungsstellen des Kalkes mit dem Gneissgranite, welcher diese Keile von oben wie von unten vollkommen umgiebt, ist der Kalk oft dolomitisch oder auch krystallinisch, marmorartig, und in der Fortsetzung des Keiles sieht man noch einige, vollkommen abgetrennte und eingeschlossene Nester von weissem, grobkörnigem Marmor. Auch in dem Gadmenthale, welches dem Urbachthale gegenüber sich öffnet, kann man das Auslaufen des Kalkkeiles vom Pfaffenkopfe verfolgen, wenn auch weniger weit thalaufwärts, und auch hier finden sich Nester von weissem Marmor in einiger Entfernung von dem Ende des Kalkkeiles, welche wohl als dessen letzte Trümmer zu betrachten sind.

In Granbünden sieht man auf dem hohen Kamm von Gravesalvas zwischen dem Silsersee und dem Julier den Granit des Pic de Graves sich als einen schmalen felsigen Damm über den Glimmerschiefer, Serpentin, Kalkstein und Schiefer der Scheidekette fortsetzen. Ausser dem Granit finden sich in diesem Damme noch Syenit, Diorit und ähnliche Gesteine, die in fortdauernder Zerstörung begriffen sind, so dass man an einzelnen Orten deutlich beobachten kann, wie diese Feldspathgesteine nicht den Schiefer von unten her durchbrochen, sondern sich vielmehr über ihn weggelagert haben.

Für die Beurtheilung des Granites und seiner Ableitungen sind einerseits die Uebergänge in andere Felsarten, anderseits die Contactwir- §. 1299.

kungen wichtig. Was erstere betrifft, so giebt es kaum ein krystallinisches Gestein älteren Datums, in welches nicht Uebergänge beobachtet wären, welche durch Verschwinden, Ersatz, Ueberhandnehmen eines der Hauptbestandtheile, sowie durch Hinzukommen neuer mineralogischer Elemente bedingt sind. Alle diese Uebergänge im Syenit, Diorit u. s. w. geschehen so allmälig, dass nirgends eine Grenze zu ziehen ist. Das Gleiche ist der Fall bei den Uebergängen, die durch Ausbildung der Elemente selbst, z. B. in Porphyr, stattfinden — die Grundmasse wird nach und nach feinkörniger, einzelne Elemente erscheinen darin besser ausgebildet —, die Namen Porphyrgranit, Granitporphyr geben Zeugniss von dieser Umwandlung, bei welcher die chemische Zusammensetzung dieselbe bleibt. Endlich sind von besonderer Wichtigkeit die Uebergänge durch Aenderung der Structur. Es wurde schon darauf aufmerksam gemacht, dass die meisten Granite, bei aller Confusion in der Lagerung ihrer Elemente, eine von Schichtung nicht zu unterscheidende Absonderung ihrer Massen bieten; ja selbst da, wo solche Absonderungen nicht deutlich hervortreten, wie z. B. in dem classischen Granit von Baveno, wissen die Arbeiter dieselben sehr wohl zu finden. Die Schichtung tritt überaus deutlich hervor in den Alpen; die Granite des St. Gotthard, der Grimsel, denen Niemand die Bezeichnung absprechen wird, sind deutlicher geschichtet, als die plumpen Felsenkalke der Würtembergischen Alb. Der Name Gneissgranit legt von diesem Verhalten Zeugniss ab. Zwischen diesen geschichteten Graniten mit confuser Anordnung der Elemente und dem geschichteten Gneiss, welcher durch das Ueberhandnehmen und die parallele Anordnung der Glimmerlamellen constituirt wird, lässt sich aber absolut keine Grenze ziehen. „Der Uebergang von Granit in Gneiss,“ sagt Zirkel, „tritt namentlich in der Nähe der Grenzen der granitischen Ablagerungen ein; man hat häufig beobachtet, wie krystallinisch körnige Gesteine gegen das Nebengestein hin eine schiefrige Textur annehmen. Die gewaltigen Granitriesen der Pyrenäen bestehen an ihren Grenzen aus Gneiss, dasselbe ist mit dem Granit der Centralalpen der Fall.“ In Sachsen und Böhmen, im Harze, Thüringerwalde und Odenwalde, in den Vogesen und im Schwarzwalde finden sich dieselben Verhältnisse. Der Gneiss aber lässt sich wieder nicht vom Glimmerschiefer trennen und dieser enthält an manchen Orten unverkennbare Versteinerungen. So stellt sich also eine ununterbrochene Reihe von den Graniten zu unverkennbaren Sedimentgesteinen her, wobei wohl zu beachten ist, dass dieselbe innerhalb derselben mineralogischen Elemente und also auch innerhalb derselben chemischen Zusammensetzung bleibt.

§. 1300. Die Contactwirkungen der Granite und der verwandten Gesteine beschränken sich auf chemische Einwirkungen, welche durch die von

dem Granite herkommenden Sickerwasser ausgeübt worden sein können; bei der Berührung mit Kalkstein wird dieser zu Marmor krystallisirt und in seiner Masse werden Mineralien ausgebildet, hauptsächlich kalkhaltige Silicate, Erzlagerstätten mit Quarzen und Spathen als Gangmasse. Aehnliche Umkrystallisationen erleiden die Thonschiefer, die in krystallinische Schiefer, die Sandsteine, welche in Hornfels und Granite umgewandelt werden. Alle diese Contacterscheinungen lassen sich durch die Einwirkung von Sickerwassern erklären, welche die chemischen Bestandtheile des Granites in Auflösung enthalten, die meisten schliessen sogar eine Einwirkung höherer Temperaturgrade ohne Weiteres aus.

Ganz in ähnlicher Weise wie der Granit verhält sich auch der **Granulit** oder **Leptinit**, der besonders in Sachsen ein Vorgebirge des Erzgebirges bildet, welches die Form einer Ellipse hat, deren grösste Axe sechs, die kleinere zwei und eine halbe geographische Meile beträgt und die von einem Mantel von Glimmerschiefer umgeben ist, welcher einen höhern Wall rundum bildet. An einzelnen Orten ist dieser Granulit von Gängen echten Granites durchbrochen, an anderen Orten finden sich nesterartig eingeschlossene Gneiss- und Schieferpartien, deren Schichten ziemlich gewunden, sonst aber das Gestein nicht sehr verändert ist. Auch in den Vogesen bei Recueremont beobachtet man Leptinit, der eben so wie der sächsische von Serpentinadern durchbrochen wird und seinerseits wieder den Gneiss durchbricht und Bruchstücke desselben einschliesst. §. 1301.

Durchaus in gleicher Weise verhält sich ferner der **Protogin**, der nur durch Talkgehalt sich von Granit unterscheidet und wesentlich den Gebirgsstock des Montblanc bildet, aber auch noch an anderen Orten entwickelt ist. Nur können hier zwei Unterschiede aufgeführt werden, welche indessen auf die Betrachtungsweise des Gesteines selbst keinen wesentlichen Einfluss haben dürften; erstens ist aller Protogin wohl geschichtet und zweitens hat man noch niemals von ihm gebildete Gänge beobachtet, so dass also diejenigen, welche allen Granit als metamorphisches, ursprünglich geschichtet abgesetztes Gestein betrachten, an diesen, dem Protogin mangelnden Erscheinungen noch einen verstärkten Halt finden dürften.

Die **Syenite**, welche sich nur durch die Entwicklung von Hornblende in der granitischen Masse von dem Granit selbst unterscheiden, gewöhnlich aber durch ihre dunklen Farben stark in dem Gebirge hervortreten, zeigen in ihren Lagerungsverhältnissen ein den Graniten durchaus analoges Verhalten, so dass das Meiste, was dort gesagt wurde, sich auch auf diese anwenden lässt. Man verfolgt die Hornblendgesteine von den Apenninen, wo sie vielfache Durchbrüche zeigen und meist mit eigenthümlichen grünen Schiefern in Verbindung stehen,

hauptsächlich auf dem Südabhange der Alpen über Ivrea und Biella, die Ufer des Langensees und des Comersees in das südliche Tyrol hinein. Die massigen Syenite gehen so, wie die Granite, in gröber geschichtete Lager und schliesslich in Hornblendeschiefer über, die in den Alpen eine grosse Verbreitungszone haben und auch z. B. im Monte Rosa und der Finsteraarhornkette auftreten.

§. 1302. Es giebt wohl kaum eine andere Frage, welche zu allen Zeiten so sehr und nachhaltig in der Geologie besprochen worden ist, als diejenige nach dem Ursprunge der Granite und damit auch der übrigen verwandten Gesteine. Man kann wohl sagen, dass dies jederzeit die Schicksalsfrage war, an welcher sich die Fortschritte der chemischen und physikalischen Geologie messen konnten. Auch gegenwärtig bildet sie einen der Angelpunkte, und den Anhängern der ältern Ansicht, welche dem Granit einen eruptiven Charakter vindiciren wollen, stehen die Neueren gegenüber, die in ihm nur ein Sedimentgestein mit weit vorgeschrittener Metamorphose erkennen. Im Obigen wurden die Lagerungsverhältnisse auseinandergesetzt; suchen wir nun die übrigen Elemente der Streitfragen darzulegen. Wir dürfen indessen bei dieser Darlegung nie vergessen, dass die experimentellen Grundlagen uns grossentheils fehlen, die zur definitiven Lösung der Schwierigkeiten nöthig wären.

§. 1303. Die Anordnung der einzelnen Elemente in den Graniten bietet insofern manche schwer zu erklärende Eigenthümlichkeiten dar, als die einzelnen Bestandtheile sich wechselseitig so innig durchdringen, dass man glauben muss, es seien ganz besondere Erscheinungen der Krystallisation vorhanden gewesen, welche diese Durchdringungen veranlassten. Die Schmelzbarkeit der einzelnen Elemente des Granites, nämlich des Quarzes, Feldspathes und Glimmers, ist äusserst verschieden, und dennoch findet man sehr häufig einen Quarzkrystall, welcher auf der einen Seite in den Feldspath sich eingedrängt hat, während andererseits er selbst wieder den Eindruck eines Feldspathkrystalles erhielt. In den grobkörnigen Graniten, welche Turmaline enthalten, finden sich die Krystalle dieses Minerals rundumgossen von Quarzmasse, welche so genau den Abklatsch des Turmalinkrystalles bildet, dass sogar die Risse und Spalten desselben von Quarz ausgefüllt sind. Ja man findet fast in allen Sammlungen Handstücke mit grossen Turmalinkrystallen, welche gebrochen waren und deren Bruchrisse mit Quarz- oder Feldspathkrystallen ausgefüllt sind. Offenbar war hier der Turmalinkrystall schon gebildet, ehe die Quarzmasse sich consolidirte, und es fragt sich, wie dies möglich war, da doch der Turmalin eine weit schmelzbarere Masse darstellt, als der Quarz, und dieser letztere mithin vor dem Turmalin hätte krystallisiren müssen.

Man hat diese Schwierigkeit damit zu erklären versucht, dass viele Substanzen weit länger weich bleiben, als ihr Schmelzpunkt anzeigt. Namentlich habe die Kieselerde diese Eigenschaft, dass sie, einmal geschmolzen, noch lange in dehnbarem Zustande bleibe, der gestatte, die Eindrücke später sich consolidirender Massen anzunehmen. Zudem habe man sich die Granite als unter Beihülfe von Wasserdampf geschmolzene Gesteine vorzustellen, wobei andere Gesetze der Schmelzbarkeit obwalten. Dies ist ganz richtig, wir müssen aber wohl bedenken, dass wir überhaupt keine auf rein feuerflüssigem Wege gebildeten Gesteine kennen und dass die beutigen Laven ebenfalls breiartige unter Mitwirkung von Wasser und hohem Drucke geschmolzene Massen darstellen. Auch hat man ferner den Umstand angezogen, dass die Körper, welche aus gemischten Lösungen herauskrystallisiren, dies nach ganz anderen Gesetzen thun, als wenn sie allein für sich in Lösung sind.*

Betrachtet man zuerst die Bildungsweise der einzelnen Mineralien, welche den Granit zusammensetzen, so ist der krystallinische Quarz häufig auf nassem Wege dargestellt worden. Die heissen Quellen von Plombières haben in römischen Ziegeln und Cementen Quarzkrystalle gebildet. Die Quarzkrystalle im Granit enthalten häufig organischen Stoff, den man durch Erhitzen entfernen kann; der amorphe Quarz, den man auch auf trockenem Wege erhalten und schmelzen kann, hat eine geringere Dichtigkeit als der aus Flüssigkeiten krystallisirte, mit welchem die im Granit enthaltenen Quarzkrystalle übereinstimmen. Die Quarzkrystalle des Granits sind häufig auf leicht schmelzbare Substanzen aufgewachsen (Gold, Kupfer, Antimonkies). Man findet Quarzkrystalle in Belemniten, in versteinertem Holze, in lebenden Gewächsen, in Drusen, in Mergeln und Kalken, Quarzkrystalle in Gängen im Gyps, Kalk und Sandstein. Alle diese Thatsachen beweisen die häufige Bildung von Quarzkrystallen aus wässerigen Lösungen, während keine Thatsachen für Bildung aus feurigem Flusse bekannt sind. Wenn man unter diesen Beweisen auch die Thatsache anführt, dass die Quarzkrystalle im Granit Millionen von Poren enthalten, die häufig mit Wasser gefüllt sind, so ist darauf zu erwidern, dass dieselben Flüssigkeitsporen auch in Trachyten vorkommen, deren vulcanischen Ursprung man nicht wohl bestreiten kann. Doch lässt sich auch hier nicht mit vollkommener Sicherheit beweisen, dass die Quarze der Trachyte in dem feurigen Flusse selbst sich abscheiden, indem manche Thatsachen dafür zu sprechen scheinen, dass sie erst nachträglicher beginnender Zersetzung ihre Entstehung verdanken. §. 1304.

Die gleiche Beweisführung lässt sich für den **Feldspath** und den **Glimmer** antreten. Ersterer wurde freilich in den Kaminen einiger Hochöfen, namentlich in Sangerhausen, gefunden, sonst aber findet man

ihn mit Versteinerungen in Glimmerschiefern in alpinen Kalken u. s. w. und den Glimmer als Pseudomorphose nach Turmalinen, in feinen Blättchen auf den Pflanzenabdrücken der Anthracitschiefer; auf Mineralien, wie Kalkspathen u. s. w., welche nur auf nassem Wege sich bilden konnten. Der Adular des Gotthard hat sich oft um Kalkspathkrystalle gebildet, deren Riefelungen auf seinen Flächen sichtbar sind.

§. 1305. Hält man alle diese Thatsachen zusammen, so geht daraus klar hervor, dass die verschiedenen Bestandtheile, welche jetzt den Granit und seine verwandten Gesteine zusammensetzen, nur aus wässerigen Lösungen entstanden sein können. Es folgt aber daraus noch gar nicht, dass der Granit auch von Anfang an aus diesen Mineralbestandtheilen zusammengesetzt gewesen sei.

In der That häufen sich die Thatsachen, welche nachweisen, dass ein grosser Theil der Granite und verwandten Gesteine ursprüngliche Sedimentgesteine waren, deren Bestandtheile (wesentlich Kalk) nach und nach durch fortschreitende Umwandlung weggeführt und durch die jetzigen Mineralien ersetzt wurden. Die meisten Alpengranite oder Gneissgranite, die Protogine, sind nach der Ansicht aller Forscher, die sich in neuester Zeit eingehend mit der Geologie der Alpen beschäftigt haben, niemals in einem breiigen oder plastischen Zustande gewesen, sondern bestanden von Anfang an aus festen und zwar geschichteten Massen, und dasselbe war der Fall bei den Graniten von Weinhöhla in Sachsen und Brora in Schottland. Wie freilich diese Umwandlung zu Stande kam, ist bis jetzt durchaus noch nicht ermittelt; soviel aber steht fest, dass die chemische Möglichkeit einer Umwandlung geschichteter Gesteine in Granit nicht geleugnet werden kann, wenn die Thatsache richtig ist, dass sedimentäre Schiefer, ursprüngliche Thonschiefer ohne eine Spur krystallinischen Gefüges in Thonglimmerschiefer, Glimmerschiefer und Gneiss umkrystallisirt werden. Diese Umwandlung gestehen aber auch diejenigen zu, welche die eruptive Natur des Granits vertheidigen.

§. 1306. Was diese letztere betrifft, so müssen allerdings eine Menge von Erscheinungen, Contactwirkungen und dergleichen, die man früher durch die Feuerflüssigkeit erklären zu müssen glaubte, gestrichen werden, da sie nachweisbar auf Rechnung der verschiedene Substanzen in Lösung enthaltenden Sickerwasser zu schreiben sind; auch hat man noch niemals am Granit gefrittete Nebengesteine oder Spuren von Glasflüssen und ähnlichen Erscheinungen entdeckt, die bei den Laven niemals fehlen; im Gegentheile enthält z. B. der Granit von Annonay nach Gruner eine Menge von Gneissfragmenten, die ganz ihre natürliche Beschaffenheit behalten haben, während derselbe Gneiss in den brennenden Steinkohlenminen derselben Gegend gefrittet und ange-

schmolzen ist. Die Anhänger der eruptiven Natur der Granite sind deshalb zum Theil auch schon zu der Ansicht gekommen, dass der aus der Tiefe heraufgestiegene plastische Granitbrei eine nur wenig erhöhte Temperatur besessen haben könne.

Für die eruptive Natur des Granits sprechen nur noch die Stöcke, die Decken, die Gänge und ganz besonders die Structur dieser letzteren, die an den Saalbändern feiner krystallinisch oder ganz derb erscheinen, während die Mitte grössere Krystalle zeigt. Zwar giebt es Gänge genug, welche gewiss nicht von unten herauf, sondern von oben herab und von den Seiten her ausgefüllt sind durch wässerige Infiltration, aber die Lavagänge zeigen in vielen Stücken ganz ähnliche Verhältnisse wie die Granitgänge, und da man an diesen, wenn auch nicht immer, so doch zuweilen Aufrichtung der Enden der durchbrochenen Schichten sieht, so dürfte in diesen Fällen wenigstens eine Einpressung von unten her nicht ausgeschlossen werden können. Auch lässt es sich schwer denken, wie Granitdecken, welche über anderen Gesteinen frei zu Tage liegen oder zwischen andere Gesteine, die keine chemischen zur Granitbildung nöthigen Stoffe enthalten, eingelagert und eingekeilt sind, wie z. B. zwischen Kalkschichten, wie solche Granitdecken durch Umwandlung von Kalken entstanden sein sollen?

Es stehen sich also hier, wie bei anderen Gesteinen, Thatsachen §. 1307.
und Erscheinungen entgegen, die mit unserm jetzigen durch Beobachtung und chemische Versuche gelieferten Material noch nicht vereinigt werden können. Wenn die meisten Granite unzweifelhaft aus Sedimenten hervorgegangen sind, so können wir uns doch das Wie? der Vorgänge, die sich dabei abgespielt haben müssen, noch nicht klar machen, und ebenso ist es uns unmöglich, den tiefern Ursprung der Granite und ihr Hervortreten von unten herauf in einzelnen Fällen gänzlich von der Hand zu weisen. Vielleicht wird die künftige Entscheidung dieser Fragen vor allen Dingen die Ansicht beseitigen müssen, dass alle Granite auf dieselbe Art entstanden sind und im Gegentheile mehrere Vorgänge nachweisen, wodurch einerseits Sedimentgesteine und andererseits wahrhafte eruptive Massen zu demselben petrographischen Resultate, Granit genannt, gelangt sind. Delesse hat schon darauf hingewiesen, dass es im Vogesengranit zwei Varietäten giebt, wovon die eine, welche zwei Glimmerarten enthält, in Gneiss und Glimmerschiefer übergeht, während die andere, die am Ballon des Vosges entwickelt ist und nur eine Glimmerart enthält, vorzugsweise eruptiv scheint, Gänge bildet und nicht in Gneiss übergeht. Diesem Fingerzeige dürften sich noch andere anreiben. Gewisse Thonschiefer haben genau dieselbe analytische Bauschzusammensetzung wie die Granite; es bedarf nur einer Umkrystallisirung ohne Zu- oder Wegführung, um Granite aus ihnen zu bilden. Aber viele Trachyte

haben ebenfalls dieselbe Bauschzusammensetzung, und der Granit von Baveno hat fast genau dieselbe Menge von Kieselerde und Thonerde (nach Bunsen) wie der Thon von Bendorf (nach Fresenius). Die Zusammensetzung der Laven eines Vulcans ist nach Fuchs in der Bauschanalyse fast immer dieselbe; die Gruppirung der Elemente zu mineralogischen Species variirt ausserordentlich. Wir haben Vulcane, welche feuerflüssige Laven, und andere, die kalten Schlamm, d. h. Thon, ohne Erhöhung der Temperatur ausstossen. Wenn ein Thonschiefer durch Umkrystallisirung Granit werden kann, warum sollte nicht ein Trachyt oder ein vulcanischer Thonschlamm ebenfalls es werden können?

Es sind dies freilich nur Vermuthungen und Möglichkeiten, und weitere Umbildungen durch Einführung von Substanzen mittelst Sickerwassern sind auch nicht ausgeschlossen; aber wenn die Vereinbarung der über die Granite beobachteten Thatsachen unter einer einzigen Ursprungsweise nicht möglich ist, so muss es immerhin gestattet sein, mehrfache Wege der Bildung aufzusuchen.

§. 1308. Wir kommen also fast nothwendig zu dem Schlusse, dass aller Granit ein metamorphisches Gestein ist, dessen jetzige constituirenden Elemente aus wässeriger Lösung hervorgegangen sind, dass aber sowohl sedimentäre geschichtete Gesteine in den meisten Fällen, wie ungeschichtete eruptive Massen die Grundlage zu seiner Bildung gegeben haben können. Die genauere Darlegung der Processe, welche zu dieser Bildung mitgewirkt haben, ist uns vor der Hand noch unmöglich; es wird aber versucht werden müssen, dieselben in jedem einzelnen Falle genauer zu ergründen.

Auf diejenigen Speculationen, welche zur Bildung des Granits ausserordentliche, noch durchaus unerforschte Processe und Kräfte, ungeheuren Druck, veränderte Zusammensetzung der Atmosphäre u. s. w. zu Hülfe rufen, lassen wir uns vor der Hand nicht ein, da weder das wirkliche Eingreifen derselben, noch selbst ihr Vorhandensein dargethan ist.

Nur auf Eines möchten wir noch aufmerksam machen. Man vergisst gewöhnlich bei Anwendung chemischer Untersuchungen auf geologische Fragen, dass dasselbe Resultat auf verschiedenen Wegen erzielt werden kann. Man kann auf trocknem und nassem Wege nicht nur, sondern auf einem Dutzend verschiedener trockner und nasser Wege Zinnober darstellen, und damit, dass man künstlich auf irgend eine Art Zinnober produciren kann, ist noch nicht gesagt, dass aller Zinnober, der in der Natur vorkommt, auf demselben einen Wege producirt worden sei. Ich will mit diesem Beispiele nur darthun, dass man vollkommen Unrecht hat zu glauben, ein Mineral, welches man auf künstlichem Wege z. B. in überhitztem Wasser oder bei grosser Hitze

und Druck in einer geschlossenen Röhre dargestellt hat, müsse nun auch nothwendig in der Natur auf demselben Wege gebildet sein. Mit dem Versuche ist nur die Möglichkeit erwiesen, dass es so gebildet sein könne, es ist damit die Möglichkeit eines andern Bildungsweges durchaus nicht ausgeschlossen. Der wirkliche Bildungshergang kann erst aus der Zusammenfassung aller mitwirkenden Umstände erschlossen werden.

8. Alter der ungeschichteten Gesteine.

Die Alterbestimmung der ungeschichteten Gesteine unterliegt um §. 1309.
so grösseren Schwierigkeiten, je weiter man sich von den eigentlich vulcanischen Gesteinen entfernt. Da diese letzteren unzweifelhaft durch Spalten aufgestiegen sind, so gilt, wie sich leicht erkennen lässt, als oberster Grundsatz, dass die Ausbruchsepoche jünger ist als der Absatz derjenigen Schichten, durch deren Spalten der Ausbruch geschah. Indessen lässt diese Begründung des Alters sehr häufig einen ausserordentlich weiten Spielraum zu, wie z. B. in der Eifel, wo die meisten Laven durch Spalten der devonischen Grauwacke emporgedrungen sind und an den meisten Orten sich weiter keine Gebilde finden, welche mit überzeugender Gewissheit darthun könnten, dass diese Vulcane wirklich ganz in jüngster Zeit hervorgebrochen sind. Zudem ist es auch in vielen Fällen durchaus unmöglich, die Spalten zu constatiren, so dass man dann an andere Charaktere sich halten muss, die wir in Kürze erwähnen wollen.

Die Aufeinanderlagerung beweist stets, dass die Lava- oder Tuffschicht, welche auf einer geschichteten Lage Sedimentgesteine ruht, jünger als diese letztere ist. Wenn z. B. in der Umgegend des Vogelsberges an vielen Stellen, wie namentlich in der Nähe von Laubach, die basaltischen Laven weithin über die tertiären Braunkohlenlager weggeflossen sind, so beweist dies augenscheinlich, dass der Ausbruch des Basaltes geschah, nachdem die Braunkohlen schon abgesetzt waren. Wenn man also mit vollem Rechte behaupten kann, dass die auflagernde Lava jünger sein müsse, als die Schicht, über welcher sie lagert, so wäre es durchaus falsch, schliessen zu wollen, dass eine Lavaschicht älter sein müsse, als die Schicht, welche auf ihr lagert. Wir kennen in der That Fälle genug, wo feuerflüssige Massen durch Schichtenlager aufgestiegen sind, ohne dieselben gänzlich zu durchbrechen, wo sich die geschmolzene Lava zwischen die schon abgesetzten Schichten einschob und oft auf weite Strecken hin sich auf diese Weise verbreitete. Gewöhnlich aber findet sich in solchen Fällen der Umstand, dass die eingeschobene Masse nicht genau zwischen denselben Schichten der Gruppe bleibt, sondern bald hier, bald dort zwischen anderen Schichten

durchbricht, wie dies die nebenstehenden Durchschnitte, Fig. 934 und Fig. 935, zeigen, die der Natur entnommen sind.

Fig. 934.



Trappgang an der schottischen Küste.

Fig. 935.



Trappgänge am Ufer der Insel Sky.

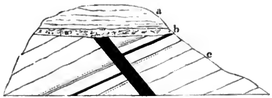
Die Schichten, welche von feuerflüssigen Massen durchbrochen werden, zeigen fast immer Veränderungen in der Nähe der Berührungsflächen und häufig finden sich abgerissene Stücke entweder in den erstarrten Laven, namentlich der Spaltengänge, oder auch in den Auswürflingen der Umgebung. Alle diese Umstände beweisen die spätere Entstehnng des vulcanischen Gebildes. Wenn z. B. am Ziegenkopf und am Meissner die Braunkohlen und die dieselben einschliessenden Thonschichten in der Nähe des Basaltes geröstet und gebrannt sind, so beweist dies augenscheinlich, dass der Basalt erst ausfloss, nachdem diese Schichten abgesetzt waren; und wenn unter den Schlacken des Roderberges sich viele rothgebrannte Thonschieferstücke finden, so ist dies wieder ein augenscheinlicher Beweis, dass der Ausbruch nach dem Absatze dieses Thonschiefers stattfand. Eine besonders häufige Erscheinung sind die Conglomerate, welche an den Spaltenrändern durch Mengnng der Bruchstücke mit den aufsteigenden Massen hervorgebracht worden sind.

Es versteht sich von selbst, dass die Versteinerungen, welche namentlich in den Tuffen sich finden, häufig vortreffliche Leiter für die Bestimmnng des Alters abgeben können, mögen nun diese Tuffe im Meere, in Süsswassern oder in freier Luft sich gebildet haben. Die Tuffe in der Umgegend von Neapel, sowie diejenigen der Auvergne und der Eifel legen in dieser Hinsicht vollgültiges Zeugniss über die geologische Epoche ab, in welcher die Ausbrüche statthatten, welchen sie ihre Entstehung verdankten.

Zuweilen finden sich noch ganz besondere Verhältnisse, welche häufig in ziemlich bestimmter Weise die Epoche anzeigen können, in

welcher ein Ausbruch statthatte. So finden sich in dem englischen Steinkohlengebirge sogenannte Trappgänge, welche die aufgerichteten Schichten des Steinkohlengebirges durchsetzen und verwerfen, also ohne Zweifel nach dem Absatze des Steinkohlengebirges erzeugt worden sind. Diese Gänge sind, wie der nebenstehende Durchschnitt, Fig. 936,

Fig. 936.



Kohle. Trappgang. Kohle.
Durchschnitt des Warrington-Hügels bei Durham.
a Zechstein. *b* Rothes Todtliegendes. *c* Kohlengebirge.

zeigt, nebst dem Kohlengebirge selbst einer bedeutenden Denudatiou unterworfen gewesen, so dass sie wie abgeschnitten an der Oberfläche enden und nicht in die darüberliegenden Schichten des rothen Todtliegenden eindringen. Dieses, sowie der darauf lagernde Zechstein befinden sich noch in horizontaler Lage, wurden also erst nach der Aufrichtung des Kohlengebirges, nach der Bildnng des Trappganges und nach der vorgängigen Denudation abgesetzt. Da nun aber das rothe Todtliegende unmittelbar nach dem Kohlengebirge abgesetzt wurde, so ist damit die Bildung des Trappganges und die Denudation genau für deu Zeitpnnkt festgestellt, welcher zwischen der Ablagerung des Kohlengebirges nnd des rothen Todtliegenden verstrich.

Die hier angeführten Regeln zur Bestimmung des Alters eruptiver §. 1310.
Gesteine können wohl unbestritten für diejenigen Fälle gelten, wo die Gesteine auch unzweifelhaft eruptiver Natur sind. Sie lassen sich aber schwerlich für diejenigen ungeschichteten krystallinischen Gesteine anwenden, deren eruptive Natur angezweifelt werden kann, wie namentlich für den Granit, Serpentin und selbst den Porphyr. Hier kann man nicht verkennen, dass die Beurtheilung der Verhältnisse bedeutend schwieriger wird, sobald man annimmt, dass diese Gesteine nicht in krystallinischem Zustande hervorgebrochen, sondern erst durch allmälige Umwandlung entstanden sind und dass diese Umwandlung noch stets, wenn auch in unglaublich kleinem Maassstabe fortschreitet. Wir müssen offen gestehen, dass für diese Fälle genauere Regeln für die Alterbestimmung der betreffenden Gesteine noch nicht aufgestellt werden können und es ferneren Untersuchungen überlassen bleiben

muss, dieselben aufzufinden. Offenbar reichen für solche Fälle, wie z. B. die oben erwähnten Kalkkeile im Granit des Berner Oberlandes, die oben aufgestellten Regeln in keiner Weise aus, und würden sich die Resultate je nach der Anwendung der einen oder der andern Theorie durchaus einander gegenüber stehen. Für denjenigen, welcher dem Granit eine eruptive Entstehung zuschreibt, würden die Kalkkeile nur losgerissene Massen im Grossen darstellen, für den andern aber, der den Granit aus der Metamorphose früher bestandener Kalkgebirge auffasst, würden die Kalkkeile nur Reste der ursprünglichen Bildung sein, in welchen die Metamorphose noch nicht Platz gegriffen hätte.

Sucht man nach den angegebenen Regeln die verschiedenen eruptiven Gesteine in die Reihe der Sedimentgebilde einzuordnen, so ergiebt sich etwa folgende Stufenleiter.

Neueste Quaternäre und jetzige Periode. Die jetzigen Vulcane mit ihren Unterlagen und Tuffen.

Pliocen- und Subapenninen-Periode. Die vulcanischen Gebiete Toscanas, der Campagna von Rom, von Catalonien (bei Olot).

Braunkohlen-Periode des Mainzer Beckens und der Süsswasserkalke der Auvergne. Vulcane der Eifel, Vogelsberg, Westerwald, Basalte Mitteldeutschlands, Vulcane Centralfrankreichs und Ungarns. Serpentine und Euphotide der Apenninen. Granite der Insel Elba.

Eocen-Periode. Vulcanische Gebilde des Vicentinischen.

Kreide-Periode. Ophiolithe in Griechenland.

Jura-Periode. Trappe auf den Hebriden. Hypersthenit der Insel Sky. Porphyre von Davos und der Windgelle in der Schweiz.

Trias-Periode. Trappe in Devonshire.

Permische Periode. Hypersthenit im Thüringerwalde. Sächsische Porphyre. Deutsche Melaphyre.

Kohlen-Periode. Trappe des Kohlengebirges in England. Porphyre bei Chemnitz.

Devonische Periode. Grünsteine und Schaalsteine des rheinischen Schiefergebirges, des Vogtlandes. Porphyre der Lenne. Braune Porphyre der Vogesen.

Silurische Periode. Trappe des Silurbeckens in Böhmen, Shropshire. Porphyre bei Skrey in Böhmen, in Südschottland, Cumberland und den Vogesen.

9. Die krystallinischen geschichteten Gesteine.

§. 1311. Wir hätten die Reihenfolge der Bildungen, welche wir unter diesem Namen begreifen, auch ohne Weiteres als metamorphische Gebilde bezeichnen können, um damit anzudeuten, dass dieselben nicht von vorn herein in ihrer jetzigen Gestalt abgelagert wurden, sondern vielmehr späteren Umwandlungen unterworfen waren, welche mächtig genug

waren, den Aggregatzustand ihrer Masse zu ändern, ohne zugleich ihre Schichtung zu vernichten oder eine gänzliche Schmelzung zu bewerkstelligen. Diese Gesteine, zu welchen namentlich die Gneisse, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, der krystallinische Kalk u. s. w. gehören, stehen in der innigsten Beziehung zu den ungeschichteten Kernen der Gebirge, in welche sie namentlich mittelst des faserigen Gneisses übergehen, dessen wir oben erwähnten. Um diese ungeschichteten Kerne bilden die metamorphischen Gesteine, im Grossen betrachtet, eine Art mannigfach zerrissenen Mantels, dessen Schichten schalenartig um den mittlern Kern gelagert sind. Je näher man dem mittlern Kerne kommt, desto auffallender wird die krystallinische Bildung dieser Massen, während im Gegentheil, je weiter man sich davon entfernt, desto mehr diese krystallinische Beschaffenheit abnimmt, und allmälig in diejenige gewöhnlicher Sedimentgesteine übergeht. Es ist mithin auf der einen Seite ebenso die allmälige Umbildung reiner Sedimentgesteine in diese krystallinisch geschichteten Massen zu beobachten, wie man gegenüber den Uebergang derselben zu dem ungeschichteten Kerne verfolgen kann, und da diese Verhältnisse sich nicht nur in den grösseren Gebirgen, sondern auch in verhältnissmässig sehr kleinen Eruptionshügeln wiederholen, so ergiebt sich daraus die enge Beziehung und die Verkettung der Sedimentgesteine mit den ungeschichteten, vermittelst der geschichteten krystallinischen Massen.

Der Mantel, welchen diese Gesteine im Umkreise der ungeschichteten Gebirgskerne bilden, ist, wie leicht zu begreifen, mannigfach zerrissen, zerklüftet, und durch grossartige Erosionen angeschnitten. In diesem Mantel finden sich deshalb auch hauptsächlich die Erzgänge, die, wie wir später nachweisen werden, nur mit besonderen mineralischen Substanzen ausgefüllte Spalten darstellen, und man hat, auf dies wesentliche Vorkommen der Gänge gestützt, öfters auf die ganze Classe der metamorphischen Gebilde den Namen der Ganggesteine angewendet, der indess insofern unpassend ist, als auch in andern Gesteinen Erzgänge vorkommen.

Der Gneiss.

Es wurde schon öfter bemerkt, dass der Gneiss hinsichtlich seines §. 1312.
mineralogischen Verhaltens durchaus nicht von dem Granite getrennt werden kann, und je mehr man auf die nähere Structur der grösseren Gebirge eindringt, um so mehr scheint es, als müsste diese ältere Unterscheidung gänzlich vernachlässigt werden. Unter den genaueren Forschungen der Geognosten nimmt die Ausbreitung geschichteten Gneisses mehr und mehr zu, und da, wo man früher ungeschichteten Granit vor sich zu haben glaubte, entdeckt man nun regelmässige Spaltungsflächen, welche dem Granit ein geschichtetes Ansehen verleihen

und denselben in die Classe der metamorphischen Gebilde zurückdrängen. So scheint jetzt mehr und mehr aus dem Studium des Alpengebirges hervorzugehen, dass dasselbe fast gar keinen wahren ungeschichteten Granit enthält, sondern dass aller Granit der Schweizer Alpen wenigstens aus der Umwandlung ursprünglich geschichteter Gesteine hervorgegangen ist. Indess hat man bis jetzt noch den Namen des Granites denjenigen krystallinischen Gesteinen bewahrt, in welchen nur Absonderungsflächen im Grossen, nicht aber schiefrige und bänderige Structur vorhanden war. Die echten gebänderten Gneisse hingegen zeigen oft sehr regelmässige Schichtungen und abwechselnde Lager von anderen Gesteinen, namentlich Glimmerschiefer und Marmor, die ebenso regelmässig mit einander abwechseln, als in einem gewöhnlichen geschichteten Systeme Kalke, Mergel und Sandsteine über einander lagern, und wenn man bedenkt, dass die Gneisse höchst wahrscheinlich aus der Umwandlung solcher abwechselnden Lager geschichteter Gesteine hervorgegangen sind, so kann eine solche Anordnung nicht mehr auffallend sein. Die Blätter der Gneisse sind oft auf das Vielfachste in einander gebunden, in Zickzack-Biegungen geknickt und gebogen, ohne deshalb Wechsel in ihrer Dicke und Mächtigkeit zu zeigen, und sehr häufig sind diese Bänder so schmal und dünn, dass eine schiefrige Absonderung des Ganzen nicht zu verkennen ist.

Im Allgemeinen zeigen in den Alpen die Gneissgranite, welche gewöhnlich den Kern des Gebirges ausmachen, eine eigenthümliche Fächerstructur, wodurch die in der Mitte gelegenen Gneisstafeln senkrecht stehen, während die nach aussen gelegenen Tafeln nach innen einschiessen. Nach aussen hin gehen diese Gneissmassen überall in andere Schieferarten über, während zugleich eine Menge von Einlagerungen in ihnen auftreten, wodurch denn an anderen Orten ein grosser Reichthum der Gneissformation an Erzgängen und verschiedenen Einlagerungen hervorgebracht wird. Doch kommen in den Alpen auch weite Gebiete vor, wo keine eingeschichteten Lager sich nachweisen lassen. In dem Tessiner Gneiss, der sich vom Südabhange des Gotthard bis zum Seegebiet unverändert forterhält, streichen die aufgerichteten Schichten alle nach derselben Richtung und verhalten sich durchaus wie ein gewöhnliches geschichtetes Gebirge. Neuerdings hat man in demselben bei Meina evidente Steinkohlenpflanzen entdeckt, deren Species genau bestimmt werden konnten.

In Norwegen, Schweden, Finnland, Nordamerika, dem Erzgebirge finden sich weit ausgebreitete Gneissgebiete, wo sämmtliche Schichten nach einer einzigen Richtung streichen und meist so sehr aufgerichtet sind, dass die Schichten nicht über und unter einander, sondern neben einander wie parallele Mauern liegen, die nach unten in unbekannte Tiefen sich fortsetzen. Zuweilen setzt das Streichen dieser Schichten plötzlich nach einer andern Richtung hin ab, so dass die Gneissblätter wie

eingeknickt erscheinen, und es lässt sich diese ganze Lagerung kaum in genügender Weise durch die bis jetzt aufgestellten geologischen Theorien erklären. An einigen Orten, wie im Erzgebirge, in Skandinavien u. s. w. hat man auch ältere und jüngere Gneisse nachgewiesen, die sowohl durch Lagerung als mineralogische Zusammensetzung sich unterscheiden.

Besonders merkwürdig erscheinen oft die in den Gneissen eingeschlossenen Kalklager, die gewöhnlich krystallinisch sind und eine ungeheure Menge verschiedener krystallisirter Mineralien enthalten. Zuweilen erscheinen dieselben ganz regelmässig eingeschichtet, in anderen Fällen sieht es aus, als sei der Kalkstein erst ein späterer Eindringling in den Gneiss. An noch anderen Orten, wie in den Cottischen Alpen, im Saas-Thale und in Graubünden war offenbar der Kalk die primitive Ablagerung, und lässt sich Schritt für Schritt nachweisen, wie derselbe durch Aufnahme von Glimmer, Feldspath und Quarz sich allmälig in Gneiss umwandelt.

Diejenigen Erscheinungen, welche man auf einen eruptiven Ursprung des Gneisses hat deuten wollen, sind durchaus nicht beweisend, denn wenn man auch hier und da Gneisse gefunden hat, welche Bruchstücke anderer Gesteine einschliessen, so ist damit noch nicht gesagt, dass der Gneiss nicht durch theilweise Umwandlung des Gesteines, welches er einschliesst, hervorgegangen sei; während man auf der andern Seite so viele Uebergänge in wirkliche Sedimentgesteine beobachtet, dass unbezweifelt eine Umwandlung derselben in den Gneiss anzunehmen ist.

Der Glimmerschiefer

wechselt seinem äussern Verhalten nach ungemein, und geht sehr häufig in Gneiss, Hornblendeschiefer, Talkschiefer und Thonschiefer über. Es ist meistens ein hartes, schwer verwitterndes Gestein, das wohl geschichtet, und noch obenein in schiefrige Blätter zerlegt ist und wilde scharfe Kämme mit schneidendem Rücken und scharf ausgezackten Spitzen bildet. Die Gestalt der Gebirge des Berner Oberlandes ist meist durch die plattenförmige Absonderung des gneissigen Glimmerschiefers, welcher die grössten Höhen bildet, bedingt. §. 1313.

Die übrigen Schieferarten, welche wir soeben nannten, zeigen Verhältnisse, ganz ähnlich denjenigen des Glimmerschiefers, und das gemeinsame Muttergestein derselben scheint der Thonschiefer zu sein, der zuweilen mit ihnen abwechselt und im ersten Beginne der Umwandlung einen gewissen Atlasglanz zeigt, der mit zunehmender Härte des Gesteines sich entwickelt.

Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass alle diese Gesteine, welche sich fast in allen Gebirgen in weitem Maassstabe entwickelt fin-

den, nicht in der Weise abgesetzt wurden, wie sie jetzt erscheinen, sondern dass sie durch eine allmälige Umwandlung erst krystallinisch wurden. Ihre Ablagernng als Sedimente geht schon aus dem Umstande hervor, dass man an vielen Orten in solchen krystallinischen Schiefern Versteinernngen entdeckt hat. So wnrden zuerst im Jahre 1814 auf der Höhe der Nufenen, eines Passes zwischen Oberwallis und Tessin, Belemniten gefunden, welche in einem dunkelgranen mit Granat, Chiastolith und Feldspathkrystallen erfüllten Glimmerschiefer stecken, der nach und nach in einen grossflaserigen Gneiss übergeht. Seither wurden ähnliche Beobachtungen an vielen anderen Stellen der Alpen gemacht, und jetzt, wo man daranf aufmerksam geworden ist, kann man wohl sagen, dass in den meisten Alpenschiefern Versteinerungen gefunden worden sind. Im Allgemeinen nnterscheidet man in den Alpen nnter den krystalliuischen Schiefern zwei Classen, einerseits die grünen Schiefer, welche hanptsächlich mit dem Serpentin und dem Hornblendegestein in Verhindung stehen, andererseits die grauen Schiefer, welche häufig in grüne Schiefer sich umsetzen.

Die grünen Schiefer zeigen sich gewöhnlich in Form grünlichgraner bis dunkelgrüner Thonschiefer mit schnppiger oder krystallinischer Structur, die meist mit Sänre aufbrausen und bald vieleu Chlorit, bald auch vielen Feldspath enthalten, so dass sie förmliche grüne Gneisse bilden. An vielen Orten, wie namentlich an der Monte-Rosa-Kette, gehen diese grünen Schiefer in Hornstein, Strahlstein oder Serpentinschiefer über, die dann dem massigen Serpentine zunächst anliegen. Versteinerungen hat man noch nicht in ihnen erkannt.

Wohl aber haben sich dieselben, wenn auch selten, in den granen Schiefern gefnnden, die häufig vollkommen krystallinische Structnr besitzen.

Kalkgesteine.

§. 1314. An vielen Orten finden sich im Bereiche der Gesteine, die einen offenbaren metamorphischen Ursprung verrathen, Einlagerungen von kalkigen Gebilden, die theils als krystallinischer körniger Kalk, als Marmor, als Gyps oder als Dolomit auftreten und insofern von Wichtigkeit sind, als vielen dieser Bildungen einst ein eruptiver Ursprung zugeschrieben wurde.

Besonders berühmt sind in dieser Beziehnng diejenigen Lager von körnigem Kalksteine, welche den echten weissen Marmor liefern, wie namentlich die Steinbrüche von Carrara. Iu der Nähe dieses Ortes wird die äusserste Bekleidung des Gebirges von rothem Galestro-Jaspis gebildet, einem veränderten Macigno, unter dem dunkle Rauchwacke hervortritt oder in plattenförmigen Kalkstein übergeht, welcher vielfache Petrefacten enthält, die wohl dem Jura angehören dürften; nach

unten setzt sich die löcherige, vielfach ausgewaschene Rauchwacke unmittelbar in den weissen Marmor fort, in welchem untergeordnete Streifen von Schiefer, dunklem Kalke, ja selbst von gneissigen Gesteinen vorkommen. Alle diese Lagerungsverhältnisse gestatten keinen Zweifel daran, dass der carrarische Marmor nur ein umgewandelter sedimentärer Kalkstein sei, und zwar zeigt schon die Auswaschung der Rauchwacke und die Fortführung der Kalkbestandtheile darin, sowie der Mangel jeden eruptiven Gesteines, dass das umwandelnde Princip hier nur das durchsickernde Wasser war.

Für andere Orte hat man dies entschieden nachgewiesen. Bei Auerbach in der Bergstrasse im Hochstetter Thale wird ein 10 Meter mächtiger Kalkgang im Gneisse ausgebeutet. Der Kalk, welcher diesen Gang ausfüllt, ist theils graublau, theils weiss, und enthält eine bedeutende Menge von organischer Substanz, die bei dem Glühen in Form von Kohlensäure und Kohlenoxydgas entweicht, und welche offenbar nicht in dem Kalke hätte existiren können, wenn derselbe einer bedeutendern Hitze ausgesetzt gewesen wäre.

In den Alpen kommen die Einlagerungen von krystallinischen §. 1315.
Kalksteinen sehr häufig vor und meistens unter eigenthümlichen Verhältnissen, gewöhnlich auch mit einer Menge anderer krystallinisch abgesonderter Mineralien gemischt. So zeigt sich in der Grundlage der Monte-Rosa-Kette bei Zermatt, wie bei Fee im Saarthale eine gewaltige Einlagerung weissen und grauen, bald dickschiefrigen, bald gänzlich körnigen Kalksteines, der mit Dolomit und Gyps vielfach wechselt und an seinen Auskeilungen in Quarzit übergeht. In Val-Vaira, Algaby, Veglia, Dever und Crevola finden sich unter vielfach verworrenen Lagerungsverhältnissen Kalkmassen, meist aus weissem Marmor und Dolomit bestehend, die oft mit Glimmer und Quarz vermengt sind und die vereinigt eine mächtige Linse darstellen, welche nach allen Seiten hin zersprengt wurde, in der Mitte horizontal liegt, am Rande aber nach allen Richtungen hin unter die hohen Gneissgebirge der Umgegend einsinkt und in denselben sich auskeilt, so dass hier dieselben Verhältnisse wiederholt sind, wie bei den früher erwähnten Kalkkeilen im Berner Oberlande, nur mit dem Unterschiede, dass überall der Kalk in Marmor verwandelt ist. Die Gruben von weissem Marmor, aus welchen bei Ornavasso und Candoglia die Steine für die Dome von Pavia und Mailand ausgebeutet wurden, bilden eine vertical stehende Einlagerung in den Glimmerschiefer und sind von weniger mächtigen Gängen begleitet, welche vielen Glimmer, Granat und Schwefelkies enthalten. Von gewaltiger Mächtigkeit sind ferner die Gebirge körnigen Kalkes in Graubünden und in Tyrol, in der Umgebung des Selvretta und der Oetzthaler Ferner. Wie schon oben bemerkt wurde, sind diese Kalke theils primitiv abgelagerte Schichten, die zum Theil noch nicht in krystalli-

nische Gesteine umgewandelt sind, theils spätere Infiltrationen in Spalten der schon umgewandelten Gesteine.

§. 1316. Der Dolomit hat die Untersuchungen der Geologen in noch weit höherm Grade in Anspruch genommen, als der körnige Kalkstein, und die Frage über seine Entstehung und Bildung ist, wie man wohl sagen kann, ein wahrer Wendepunkt in dieser Wissenschaft geworden. Wir werden auf diese Umwandlung noch zurückkommen und begnügen uns hier, die hauptsächlichsten Lagerungsverhältnisse anseinander zu setzen.

§. 1317. Der Uebergang der geschichteten rothen Kalksteine, welche Ammoniten enthalten, in zerklüftete, ungeschichtete, schneeweisse, dolomitische Massen lässt sich in Tyrol fast Schritt für Schritt nachweisen, und der Hügel Santa Agatha in der Nähe von Trento kann als auffallendes Beispiel dieser Umwandlungen angeführt werden. Auf der einen Seite besteht dieser Hügel aus weissem Dolomit mit einem leicht röthlichen Anfluge, der so zerklüftet und zerspalten ist, dass er aus freien Stücken in Sand zerfällt und dass es unmöglich ist, in den anstehenden Massen eine frische Bruchfläche zu erhalten. Es ist natürlich, dass in einer so zersplitterten Masse sich keine Spur von Schichtnng oder von Fossilien erhalten konnte; indess scheint doch der röthliche Anflug der dolomitischen Masse darauf hinzudeuten, dass dieselbe aus einer Umwandlung des rothen, geschichteten Kalksteines hervorgegangen ist. Hiervon überzengt man sich auch in der That an dem entgegengesetzten Abhange des Hügels, wo der rothe Kalkstein in plattenförmigen Schichten ohne die mindeste Veränderung zu Tage tritt.

Betrachtet man die Verhältnisse der Dolomite im südlichen Tyrol in ihrer Gesammtheit, so stellen sie sich als die Krönung einer gewaltigen Kalklinse dar, welche besonders in der Umgebung der Porphyre und Melaphyre zu Dolomiten umgewandelt erscheint, aber wie schon früher bemerkt wurde, allen geologischen Lagerungsverhältnissen zufolge erst nach dem Durchbruche der Melaphyre abgesetzt wurde.

§. 1318. Eine zweite classische Localität sind die Umgebungen des Luganer-Sees, wo der Dolomit namentlich im Monte Salvatore, St. Giorgio und Maria del Monte entwickelt ist. Es scheinen diese Dolomite mit den eben angeführten von Tyrol in einer und derselben Zone dolomitischer Gesteine zu liegen, welche sich an dem Südrande der Alpen hinzieht. An vielen Orten in der Umgebung des Luganer Sees kann man bemerken, dass der krystallinische zuckerförmige Dolomit nach und nach in geschichtete Gesteine übergeht, die man früher als Kalk ansprach, die aber wirklich geschichteter Dolomit sind und in ihrer Zusammensetzung mit dem zuckerförmigen Dolomit vollkommen identisch erscheinen. Dies darf um so weniger auffallen, als durch Analysen nachgewiesen worden

ist, dass in der Nähe von Ulm wirklich ein Gewässer vollkommenen Dolomit absetzt; wie es denn auf der andern Seite ebenfalls feststeht, dass alle jene Kalksteine, welche in ihrer Fortsetzung in krystallinischen Dolomit übergehen, eine gewisse Menge Magnesia enthalten.

Während in den Alpen an den meisten Stellen die Verwirrung der Schichten grossartige Einwirkungen plutonischer Massen nicht erkennen lässt, giebt es eine Menge von Ablagerungen dolomitischer Gesteine, bei welchen eine solche Einwirkung zwar behauptet, aber niemals nachgewiesen werden konnte; so erwähnten wir schon im ersten Bande die mannigfach zerklüfteten Massen von Dolomit, welche im fränkischen Jura zwischen durchaus unveränderten Kalksteinen in horizontaler Lagerung auftreten und in denen die Höhlen der dortigen Gegenden entwickelt sind. Aehnliche Lagerungsverhältnisse zeigen die Dolomite des permischen Systems und diejenigen des Muschelkalkes, welche so häufig in Rauchwacke und förmliche Asche übergehen. Sie bilden concordante Lager zwischen Kalkmassen, von denen sie oben wie unten eingefasst sind und die oft keine Art von Veränderung zeigen.

Der **Gyps** und **Anhydrit** zeigen sich, wie schon im ersten Bande §. 1319.
vielfach bemerkt wurde, oft unter Verhältnissen, die an ein Hervorbrechen ihrer Massen aus der Tiefe denken lassen könnten. Auf die enge Verbindung dieser beiden Gesteine mit Salzthonen einerseits und mit Dolomit andererseits, namentlich in den Muschelkalkgebirgen, wurde schon früher hingewiesen. In den Alpen zeigt sich in enger Verbindung mit Dolomit und Rauchwacke weisser oder durch Verwitterung von Eisenkiesen bräunlich und röthlich gefärbter, meist feinkörniger bis dichter Gyps. Es lässt sich mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, dass, wenn man ihn in grösserer Tiefe beobachten könnte, er sich wie der Gyps von Bex als Anhydrit zeigen würde. Die Lagerungsverhältnisse sprechen für einen Ursprung durch Umwandlung und für stark auf das Nebengestein einwirkende Processe. Der Gyps erscheint in stockförmigen Massen, die eben so schnell sich wieder verlieren, als sie zu mächtigen Nestern anschwellen; die Schichtung des angrenzenden Schiefers oder Kalksteines ist gestört und verworren; der Schiefer hat stärkern Glanz, er ist zum Theil bunt, roth und grün, es zeigen sich darin frisch aussehende, meist grüne oder weisse Talkblättchen, Quarzkrystalle, sogar Feldspath und Granat, oder er steht in enger Verbindung mit Conglomeraten von talkigem Cement. Der Kalkstein ist entfärbt und zeigt die alabasterähnliche Beschaffenheit, wie sonst wohl im Contact von Granit oder Gneiss; häufiger ist er in Rauchwacke übergegangen; der Gyps selbst enthält nicht selten in Menge eingesprengten Schwefelkies, durch dessen Zersetzung er braunroth punktirt erscheint.

10. Die Erzgänge.

§. 1320. Die Ausbeutung der Erze, die Art, dieselben zu gewinnen und zum Gebrauche zu bereiten, gehört einer andern Wissenschaft an. In das Gebiet der Geologie fallen nur die allgemeinen Lagerverhältnisse der Erze und ihre Vertheilung in den verschiedenen Gebilden, die wir bisher betrachtet haben. Man kann im Allgemeinen die Lagerstätten der Erze in zwei grosse Classen theilen: — in unregelmässige Massen, die man auch Eruptions- oder Contactmassen nennen könnte, und in regelmässige Massen oder Gänge. Die unregelmässigen Massen finden sich in schmalen Zonen, an den Berührungsflächen verschiedenartiger Gesteine, wo sie verzweigte Adern, netzförmige Massen, Stöcke, Haufwerke oder unregelmässig vertheilte Drusen bilden. Hinsichtlich ihrer Lagerung und Zusammensetzung sind die unregelmässigen Massen in genauem Zusammenhange mit den einschliessenden Gesteinen; die Mineralien, aus welchen sie zusammengesetzt sind, erscheinen meist in erdiger oder körniger Gestalt, selten nur in krystallinischer Form, und das ganze Verhalten dieser Lagerstätten weist darauf hin, dass sie durch die unmittelbare Einwirkung der berührenden Gesteine auf einander erzeugt worden sind.

§. 1321. Anders verhalten sich die eigentlichen Gänge, welche grosse Platten bilden, die meist von ebenen oder etwas gewellten Oberflächen begrenzt werden. Die Lagerung dieser Platten ist durchaus unabhängig von dem umgebenden Muttergesteine, selten nur sind sie mit den Schichten und Blättern desselben parallel, sondern durchschneiden dieselben meistens in mehr oder minder bedeutenden Winkeln, und nur in sehr steil aufgeschichteten Schichten finden sich zuweilen parallele Gänge. Die Zusammensetzung der Mineralien, von welchen diese regelmässigen Lagerstätten gebildet sind, scheint auf den ersten Blick durchaus unabhängig von dem umgebenden Gesteine, meist dagegen in bestimmter Beziehung zu der Richtung des Ganges und zwar in der Art, dass in einer und derselben Gegend diejenigen Gänge, welche in gleicher Richtung verlaufen, auch analoge Zusammensetzung besitzen; häufig lässt sich indessen auch nachweisen, dass das Nebengestein dieselben Mineralien in sehr geringer Menge enthält, welche in dem Gange in grösserer Quantität angehäuft sind. Die Mineralien der Gänge sind meist sehr wohl krystallisirt und zeigen dadurch auf eine längere Zeitdauer ihrer Bildung hin.

§. 1322. Man bezeichnet die Gänge als Silber-, Kupfer-, Bleigänge u. s. w., je nach den Metallen, auf deren Gewinnung man sie ausbentet; man darf aber dabei nicht vergessen, dass die Erze in den meisten Fällen

nur einen geringen Theil der Masse eines Ganges ausmachen, und dass je nach dem Werthe des ausgebeuteten Metalles die verhältnissmässige Quantität in dem Gange sehr verschieden sein kann. Ausserdem hängt noch die Möglichkeit der Ausbeutung von der Mineralmasse selbst ab, in welcher das Erz verbreitet ist. Ist diese erdig, leicht zerreiblich, oder mit leichter Mühe trennbar von dem wirklichen Erze, so kann die Ausbentnng eines Ganges gewinnbringend sein, während ein anderer Gang, in welchem die nämliche Quantität Erz in festem Gestein verbreitet wäre, verlassen werden müsste. Man bezeichnet die Mineralien, welche die Gänge ausfüllen und innerhalb welcher das eigentliche Erz eingestreut ist, mit dem Namen des Ganggesteines (*Gangue*) und, abgesehen von den oben angeführten Verschiedenheiten, welche der Aggregationszustand des Ganggesteines bedingt, stellt man im Allgemeinen die Regel auf, dass ein Erzlager dann ausgebeutet werden kann, wenn es folgende Mengen von Erz enthält: Eisenerz $^1/_3$, Zink $^1/_{20}$, Blei $^1/_{30}$, Kupfer $^1/_{100}$, Silber $^1/_{1000}$, Gold $^1/_{10000}$.

Die Ganggesteine sind meistens erdige oder krystallinische Massen, zuweilen selbst wieder metallische Substanzen, nnd sie lassen sich in den meisten Fällen dnrch ein ganz eigenthümliches Verhalten erkennen. Sie sind es, welche die Hauptmasse der Gesteine eines Ganges bilden, und das Ganggestein ist es, welches den Bergmann in seinen Nachforschungen leitet. Folgende Mineralien finden sich am häufigsten als Ganggesteine. Vor allen der Quarz in allen nur möglichen Formen und Gestalten, meistens in kleinen, weisslichen Krystallen, oft auch durchscheinend, splitterig, als Amethyst, Jaspis oder Bergkrystall; — ferner alle Arten sogenannter Spathe, Kalkspath, Eisenspath, Spatheisenstein, Flnssspath, Schwerspath; mehrere Eisenoxyde in erdiger oder krystallinischer Form; thonige Massen oder auch Chlorite, Talke, Amphibol- nnd Hornblendegesteine, letztere jedoch nur seltener und an beschränkten Orten. Sehr oft wird das Ganggestein auch von Brnchstücken der Felsarten, in welchen der Gang bricht, gebildet, und es ist schon öfter vorgekommen, dass die Bergleute in dem ersten Momente solche aus Trümmern zusammengesetzte Ganggesteine für alte, verlassene Gänge hielten, die man schon ausgebeutet und nachher verschüttet hatte. Das Erz selbst findet sich meist in dem Ganggesteine in einzelnen wohlcharakterisirten Mineralspecies vertheilt, zuweilen aber auch unsichtbar in der Masse selbst eingeschlossen. Seine Menge im Verhältniss zu dem Ganggesteine wechselt oft in sehr bedeutenden Grenzen innerhalb desselben Ganges; — der Gang wird reich oder arm, und zuweilen selbst verschwindet das Erz stellenweise gänzlich, um in einiger Entfernung wieder aufs Neue aufzutauchen. §. 1323.

Die Bergleute nnterscheiden an einem Gange seine Richtnng oder die Linie, welche er auf einer horizontalen Fläche bilden würde, die §. 1324.

Neigung oder den Winkel, unter welchem er eine senkrecht gestellte Fläche schneiden würde. Die Richtung oder das **Streichen** des Ganges in der Bergmannssprache wird in Deutschland mit der bergmännischen Bussole bestimmt, die nach dem magnetischen Pole orientirt und in Stunden abgetheilt ist. Der magnetische Nordpol wird mit 12 Uhr bezeichnet, und von ihm aus von links nach rechts die Hälfte des Kreises bis zu dem magnetischen Südpol in 12 Stunden getheilt; in derselben Richtung fortfahrend, theilt man auch die zweite Hälfte der Bussole in 12 Stunden. Bei dieser Eintheilung zeigt ein Durchmesser des Kreises, wie man ihn auch legen möge, stets mit seinen beiden Enden auf dieselbe Stunde, und es bedarf deshalb nur der Angabe dieser Zahl, um das Streichen der Gänge genau zu kennen. Freilich ist es dann nöthig, um die Angaben nach der Bergmanns-Bussole auf gewöhnliche Karten eintragen zu können, dass man die Abweichung der Magnetnadel an der bezeichneten Localität kenne, da diese, wie bekannt, an verschiedenen Orten sehr verschieden ist.

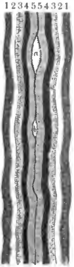
§. 1325. Das **Fallen** der Gänge bestimmt man einfach durch den Winkel, welchen der Gang mit einer senkrechten Linie bildet, und indem man die Himmelsgegend angiebt, in welcher der Gang von der senkrechten Linie abweicht, liefert man bei bekanntem Streichen desselben alle nothwendigen Elemente zu seiner geometrischen Construction. Selten nur sind die Gänge vollkommen senkrecht oder **saiger**, wie die Bergleute sich ausdrücken; noch viel seltener aber horizontal oder **söhlich**; — meistens bilden sie einen Winkel von 60 bis 80 Graden mit dem Horizonte. Bei dieser schiefen Stellung kann man deshalb an ihnen eine obere und eine untere Wand unterscheiden; erstere wird von den Bergleuten mit dem Namen des **Hangenden** (*toit*), letztere mit demjenigen des **Liegenden** (*mur*) bezeichnet, und die Berührungsflächen der Gänge mit dem einschliessenden Muttergesteine, die meistens eine besondere Structur zeigen, tragen den Namen der **Saalbänder**. Die meisten Gänge erscheinen an der Oberfläche der Gebirgsmassen, oder gehen zu Tage in oft sehr leicht erkenntlichen Linien; da ihre Zusammensetzung meistens so sehr verschieden ist von dem einschliessenden Muttergesteine, so unterscheiden sie sich auch meist in Folge ihrer abweichenden Verwitterung, und bilden so bald vorragende Mauern, bald vertiefte Gräben, je nachdem sie leichter oder schwerer verwittern, als die umgebende Felsart.

§. 1326. Die Mächtigkeit der Gänge beträgt meistens einen halben bis zwei Meter, doch kennt man auch ausserordentliche Massen, wie z. B. in Schemnitz und in Guanaxato bei Mexico, welche bis zu 30 und 40 Metern Mächtigkeit anschwellen. Meistens indess bilden diese mächtigen Gänge keine einzige zusammenhängende Masse, sondern sind aus

vielen kleineren Gängen zusammengesetzt, welche parallel mit einander laufen, hier nnd da sich zusammen verbinden, und innerhalh welcher die Zwischenmasse so gering ist, dass sie bei der Ausbeute mit entfernt werden mnss. Die Ausdehnung der Gänge in die Weite und Tiefe ist noch nicht gehörig ermittelt; man kennt viele Gänge von mehr als 600 Metern Länge nnd hat welche bis auf 800 Meter Tiefe verfolgt, ohne bedeutende Abweichungen in ihrem Verhalten wahrgenommen zn haben. Ja, im Allgemeinen kann man hehaupten, dass es bis jetzt unmöglich war, in den meisten Fällen bei den Erzgängen eine untere Grenze zu erreichen, indem sie in unergründliche Tiefe sich fortzusetzen scheinen.

Die Anordnung der Mineralien im Innern eines Ganges hietet §. 1327.
sehr wesentliche Eigenthümlichkeiten dar. Es wurde schon bemerkt, dass dieselben in regelmässigen Gängen meist wohlcharakterisirt erscheinen nnd dadurch auf eine längere Zeit des Absatzes hindeuten. Meist finden sich die Mineralien in parallelen Zonen oder dünnen Schichten innerhalb des Ganges, welche symmetrisch längs der Saalhänder sich hinziehen, nnd sowohl durch verschiedene Färbung und Krystallisirnng, als auch sehr oft dnrch verschiedenartige Zusammensetzung sich unterscheiden. Die verschiedenartigen Zonen entsprechen sich von den Saalbändern nach innen hin durchaus in derselben Weise. Sie folgen den Unregelmässigkeiten der Gangwände sehr genau und lassen öfters in der Mitte einen leeren Spaltenranm, der hier und da sich erweitert und Krystalldrusen und Höhlungen bildet. Sehr häufig finden sich bei grösseren im Innern der Gänge eingeschlossenen Massen und Trümmern die Zonen und Bänder auch um diese herum ganz so symmetrisch abgelagert, wie längs der Saalhänder, nnd nicht minder häufig sieht man die Krystalle der äusseren den Saalhändern zngewandten Schichten so in die Masse der nächstfolgenden Schichten eingreifen, dass die Grenzen beider wie Zähne einer Säge gezackt erscheinen. Der heigefügte ideale Dnrchschnitt eines Ganges (Fig. 937) soll diese Verhältnisse näher anschaulich machen. Die mit gleichen Ziffern hezeichneten Zonen 1, 2, 3, 4 und 5 entsprechen sich hier symmetrisch und lassen in der Mitte hei *a* und *b* Krystalldrusen zurück, die einen innern leeren Raum in sich fassen. Man hat in einzelnen Gängen his zu 14 symmetrischen Bänderzonen auf jeder Seite

Fig. 937.



Idealer Längendurchschnitt eines Ganges mit symmetrischen Bänderzonen.

gezählt, die alle durch verschiedene Farbe, Structur oder Zusammensetzung sich leicht erkennen liessen.

§. 1328. Die Entstehung dieser Bänderzonen lässt sich nur dadurch erklären, dass man die Gänge als Spalten ansieht, welche anfangs als Risse der Gebirgsmassen sich bildeten und später auf mancherlei Weise durch mineralische Absätze ausgefüllt wurden. Diese Ansicht wurde zuerst von Werner in ihrer ganzen Bestimmtheit und Schärfe ausgesprochen, und wenn auch die Untersuchungen der neuern Zeit die Ansichten dieses grossen Mannes über die Art, wie die Ausfüllung der Spalten geschah, wesentlich modificiren mussten, so bleiben doch die Beweise, welche Werner für die Spaltennatur der Gänge und ihre nachherige Ausfüllung vorbrachte, noch jetzt vollkommen gültig, so dass wir derselben in der Kürze gedenken wollen. Werner glaubte, dass alle geschichteten Gebirgsarten in derselben Lagerung, welche sie noch jetzt besitzen, sich aus dem Wasser niedergeschlagen hätten. Diese Niederschläge mussten sich, nach ihm, beim Trocknen zusammenziehen und Spalten werfen, und alle Gebirgsarten zeigen seiner Behauptung zufolge solche Spalten in ihren Massen. Noch jetzt bilden sich dieselben unter unseren Augen in feuchten Jahren durch Erdschlipfe, oder durch Erdbeben, und wenn man von der Ausfüllung der Gänge absieht oder einen ausgehauenen Gang betrachtet, so muss die Aehnlichkeit desselben mit solchen Spalten und Klüften, wie man sie in den Gebirgen findet, sogleich in die Augen fallen; auch findet man in der That sehr häufig, dass leere Klüfte in einer bestimmten Strecke ihres Verlaufes nach und nach sich ausfüllen und so unmerklich in Gänge übergehen. In vielen Gängen finden sich in der Mitte Krystalldrusen, welche offenbar weiter nichts sind, als die Reste der noch unerfüllten Höhlungen. In manchen anderen Gängen hat man unzweifelhafte Gerölle gefunden, welche nur von aussen hineingekommen sein konnten; in anderen Fragmente des Ganggesteines, Trümmern, ja sogar Versteinerungen, welche offenbar nur in Höhlungen abgesetzt werden konnten. Eine andere Reihe von Beweisen für die Spaltennatur der Gänge zieht Werner aus dem Verhalten der Gänge zu einander und zu dem Muttergesteine. Die Gänge kreuzen und verwerfen einander, was sich nur erklären lässt durch die Einwirkung einer neu entstehenden Spalte auf eine alte, die schon erfüllt war. Ebenso bilden die Gänge Verwerfungen in den Schichten und Blättern des sie einschliessenden Gesteines, und verhalten sich hierin ganz so wie nicht ausgefüllte Verwerfungsspalten, die man an vielen anderen Orten beobachtet. Endlich findet Werner einen letzten Grund der Ausfüllung präexistirender Spalten in der bänderartigen Anordnung der ausfüllenden Massen, deren wir oben gedachten.

§. 1329. Es bedarf in unserer Zeit keiner Vervollständigung dieser Beobachtungen mehr, um zu zeigen, dass in der That Werner vollkom-

men Recht hatte, als er die Gänge für ausgefüllte Spalten erklärte. Seine Beweise waren so überzeugend, dass sie allgemein angenommen werden mussten, und es genügt, hier noch auf einige Erscheinungen aufmerksam zu machen, welche aus dieser Spaltennatur der Gänge hervorgehen. Die Wände der Gänge zeigen meist sehr auffallende Spuren von Reibung, geglättete Spiegelflächen mit Strichen, Ritzen und Streifen, die meistens in der Richtung des grössten Falles verlaufen. Diese Gangspiegel, wie die Bergleute sie nennen, sind eine sehr gewöhnliche Erscheinung und sind oft so hedeutend zusammengedrückt, dass sie beim Aushauen gefährliche Explosionen verursachen. Sie sind offenbar das Product der Reibung der Gangwände, welche bei der Entstehung der Spalten über einander wegglitten und bedeutenden Druck auf einander ausübten. Dieses Uebereinandergleiten der Lippen einer Spalte, welche sich bildet, lässt sich am besten aus der daraus resultirenden Verwerfung bestimmen. Sehr häufig beruhen die abwechselnden Erweiterungen und Verengerungen der Gänge nur darauf, dass die Spalte einen mehr zickzackförmigen oder gewellten Verlauf hatte, und dass die Ränder derselben so verschoben wurden, dass die vorspringenden und einspringenden Ecken, statt einander zu entsprechen, wie in Fig. 938, sich verschoben und dadurch aus der regelmässig gewellten Gestalt der Spalte, Fig. 938, die unregelmässig knotige Form des Ganges, Fig. 939, entstand. Sehr häufig entstehen auf diese Weise in geschichteten Gebirgsmassen treppenartig abgesetzte Gänge, indem Schichten, wie Fig. 940 zeigt, an verschiedenen Orten

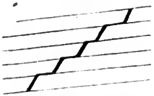
Fig. 938.



Fig. 939.



Fig. 940.



Treppenförmiger Gang in geschichtetem Gestein.

gesprungen sind, und die einzelnen Sprünge durch Querlager, welche zwischen die Schichten eingedrungen sind, sich mit einander verbinden. Man hat Fälle beobachtet, wo die Verwerfungen, seien sie nun durch ausgefüllte Spalten oder durch leere Gänge bedingt, ganz ungemein bedeutende Verschiebungen anzeigten, so dass manchmal ganz verschiedene Gebirgsformationen dadurch mit einander in Contact kom-

men. So kennt man in der Nähe von Richelsdorf in Hessen eine Spalte, welche eine Verwerfung von mehr als 48 Metern in senkrechter Richtung bedingt, und an der Ruhr soll sogar eine Verwerfungsspalte existiren, welche einen Höhenunterschied von 1500 Fuss zwischen beiden Lippen der Spalte bedingt hat.

§. 1330. Die Spaltung der Gebirgsmassen im Allgemeinen beruht auf mehrfachen Ursachen, deren hier kurz zu erwähnen der Ort sein möchte. Ausser den Spaltflächen, welche in der eigenthümlichen Zusammensetzung der Gesteine beruhen, wie z. B. die Zersplitterung der Schiefer in Plättchen nach einer bestimmten Richtung, die Schichtung der Gebirgsmassen in Folge ihres Absatzes, ist noch die feste Erdrinde durch eine Menge von Spalten durchkreuzt, und zwar in solcher Häufigkeit, dass vielleicht auf der ganzen Erde kein unzerspaltener Felsblock gefunden werden dürfte, aus welchem man einen compacten Würfel von 3 Metern Seitenfläche hauen könnte. Es giebt freilich, wenn auch nur sehr beschränkte Localitäten, wo man Obelisken von bedeutender Länge gewinnen kann, allein an diesen Orten ist das Gestein in gewaltige Blätter durch parallele Spalten zerlegt, und es lässt sich wohl eine schmale Säule von bedeutender Länge, nicht aber ein würfeliger Block gewinnen. Die Erdrinde ist mithin im Ganzen ungemein zerklüftet und zerspalten, und es fragt sich nur, welche Ursachen eine solche Zerstückelung bedingt haben mögen.

§. 1331. Die Schichten, welche die Erdrinde zusammensetzen, sind grossentheils ungemein starre Gebilde, welche nur geringer Dehnung fähig sind. Wir sehen deshalb eine jede Veränderung der ursprünglichen Schichtenlage, sei sie nun durch Hebung von innen heraus, oder durch Senkung, die gleichsam nothwendig vergesellschaftet sein müssen, entstanden, mit gewaltigen Spaltungen verknüpft, welche in genauem Verhältnisse zu der einwirkenden Kraft stehen. Man hat versucht, die Gesetze dieser Spaltung mathematisch zu bestimmen, konnte dabei aber nur auf sehr allgemeine Resultate kommen, da sowohl die eigenthümliche Natur der Gesteine, wie die besondere Einwirkungsart der spaltenden Kraft, und namentlich auch die schon vorhandenen Spaltungen des Bodens auf die Richtung der neu entstehenden Spalten den wesentlichsten Einfluss haben und dadurch das mathematisch *a priori* aufgestellte Gesetz modificiren müssen. Im Allgemeinen ist aus diesen mathematischen Untersuchungen hervorgegangen, dass die Entstehung paralleler Spalten die nothwendige Folge einer Dehnung der Erdrinde sein müsse, und dass diese Hauptspalten mit einem System secundärer Klüfte in Verbindung stehen müssen, welche die ersteren in rechtem Winkel schneiden. Dies Gesetz bestätigt sich denn auch in den meisten Gegenden, und namentlich da, wo man den Spalten und Verwer-

fungen eine grössere Aufmerksamkeit geschenkt hat, d. h. in den Ländern, wo Bergbau getrieben wird, hat man sich überzeugen können, dass fast immer mehrfache Systeme von Spalten existiren, welche einander im rechten Winkel schneiden und somit ihre wechselseitige Beziehung darthun.

Die Gänge sind ausgefüllte Spalten, in welchen besondere Mine- §. 1332.
ralsnbstanzen sich abgelagert haben. Wir haben oben die allgemeinen Erscheinungen, unter welchen sich diese Ausfüllungen darstellen, kennen gelernt; es fragt sich nun, auf welche Weise diese Ansfüllungen sich gebildet haben. Werner glauhte, dass diese Ausfüllung durch Niederschlag aus Anflösungen entstanden sei, und aus den seltenen Beispielen, wo in der That Gerölle nnd andere Materien von aussen in Gänge eingedrungen waren, schloss er auf die Allgemeinheit dieser Erscheinungen. Es bedarf diese Meinung keiner besondern Widerlegung, wie denn überhaupt eine jede Annahme, welche nur eine einzige Ausfüllungsweise einer Spalte annimmt, schon deshalb zurückgewiesen werden muss, weil die in den Gängen auftretenden Erscheinungen einen grossen Wechsel mannigfacher Einwirkungen erkennen lassen, welche sogar in einem und demselben Gange zu verschiedenen Zeiten stattgefnnden haben können. Um die Art und Weise der Ausfüllung, welche bei den Erzgängen statthatte, genauer zu erforschen, muss man deshalh mehrere einzelne Momente in das Ange fassen.

Die Länge der Zeit, binnen welcher die allmälige Ansfüllung der §. 1333.
Gänge vor sich ging, verdient hier eine ganz besondere Berücksichtigung. Je mehr man bei dem heutigen Stande der physikalischen und chemischen Wissenschaften den kleinsten Molecular-Einwirkungen der Körper nachforscht, desto mehr erkennt man, dass diese Molecular-Actionen nach Verlauf langer Zeiträume Einwirkungen der bedeutendsten Art hinterlassen können, ohne dass man im Stande gewesen wäre, während des Processes selbst denselben genauer zu verfolgen. Auch bei einer äusserst geringen Löslichkeit der Substanzen im Wasser können doch Quellen und fliessende Gewässer in dieser Hinsicht eine ausserordentliche Einwirkung ausüben. So enthält das Karlsbader Wasser, nach der Analyse von Berzelius, zwar nur $^{1}/_{312500}$ Flussspath, welcher durch das doppeltkohlensaure Natron in Auflösung erhalten wird, aber nichtsdestoweniger liefern die Karlsbader Quellen dennoch jährlich 247 Centner Flussspath in ihrem Wasser. Sollte ein Gang von 1000 Fuss Länge, 1000 Fuss Tiefe und 1 Fuss Mächtigkeit durch die heissen Quellen Karlsbads mit Flussspath erfüllt werden, so würden dazu allerdings 819 562 Jahre erforderlich sein. Nun sind aber Kieselerde und die doppeltkohlensauren Salze von Kalk, Bittererde, Eisen- und Manganoxydul in Wasser löslich, so dass die gewöhn-

lichst vorkommenden Gangmassen, wie Quarz, Kalkspath, Eisenspath, Mangan und Braunspath, auf nassem Wege eingeführt worden sein müssen, sowie Schwerspath und Flussspath in natronhaltigem Wasser sich auflösen. Die elektronegativen Metalle, Antimon, Arsenik bilden Schwefelverbindungen, welche in Wasser löslich sind, und in der That hat man jetzt fast in allen Gewässern kleine Mengen von Arsenik und Antimon nachgewiesen. Es können demnach Absätze in den Gangspalten nicht nur durch von oben eindringende Wässer, sondern anch dnrch von unten aufsteigende Quellen erzeugt werden. Andererseits giebt es keine noch so feuerbeständige Substanz, welche nicht in äusserst fein zertheiltem Zustande von Dämpfen und Luftströmen mit fortgerissen würde; obgleich das Gold und Silber nicht flüchtig sind, so kennen doch die Gold- und Silberschmiede die sogenannten Metalldiebe oder Substanzen, welche bei ihrer Verflüchtigung die edlen Metalle mit sich fortreissen und dadurch einen Verlust bedingen; die Bewohner der Meeresufer wissen sehr wohl, dass die Luft bis auf eine gewisse Entfernung hin mit Meersalz und anderen festen im Meerwasser aufgelösten Stoffen geschwängert ist, und man kann wohl als allgemeines Gesetz aufstellen, dass jeder Körper die Fähigkeit besitzt, von Gasströmen mitgerissen und an geeigneten Orten wieder abgesetzt zu werden. Andererseits kennt man viele Beispiele von Snblimation erzführender Snbstanzen. So wurde im Jahre 1850 auf der Muldener Hütte bei Freiberg ein mehrere Jahre alter Flammofen abgebrochen. Die gänze Manermasse war von den schönsten Erzgängen dnrchsetzt, alle Spalten nnd Klüfte, die ursprünglichen Fngen wie die Zerspaltungen, die sich im Gneiss und den Backsteinen gebildet hatten, aus welchen der Ofen bestand, waren zn kleinen, manchmal nur papierdicken Erzadern geworden, die mit Bleiglanz, Blende, Eisenkies, Kupferkies, Buntknpfererz, Fahlerz, gediegenem Kupfer n. s. w. erfüllt waren.

§. 1334. Wenn indess auf der einen Seite die Wegführung der mineralischen Snbstanzen zwar als ein allgemein verbreitetes Phänomen betrachtet werden kann, das freilich nur erst nach langer Zeit seine Resnltate zu erkennen giebt, so darf man andererseits nicht unberücksichtigt lassen, dass bei dem Absatze ebenfalls besondere Verhältnisse einwirken können, welche bewirken, dass an einem Orte mehr, an einem andern weniger abgesetzt wird, und dass die geringfügigsten Ursachen bei langer, anhaltender Wirknng sehr in die Angen fallende Resultate in dieser Beziehung hervorbringen können. Ein ans der alltäglichen Beobachtnng genommenes Beispiel kann einen Beleg hierzu abgeben: Man betrachte die Decke eines Zimmers, welche sich geschwärzt hat und eines neuen Anstriches bedarf; man wird in der Regel finden, dass die ausserordentlich geringe Schicht von Russ, welche

die Decke schwärzte, nicht gleichmässig auf derselben vertheilt ist, sondern dass die Balken, welche die Decke bilden, sich auf derselben dadurch abzeichnen, dass auf den ihnen entsprechenden Orten weniger Russ abgelagert wurde, so dass trotz der vollkommenen Gleichheit des Gypsüberznges das Zimmerwerk der Decke sich auf derselben abbildet. Mag nnn diese Erscheinung, die Jeder leicht beobachten kann, anf dem verschiedenen hygroskopischen Verhalten der Gypsdecke, je nachdem diese sich den Balken oder den Zwischenräumen gegenüber befindet, oder anf der verschiedenen Wärmeleitung durch das überliegende Holz und den Lehm, oder endlich auf der durch nngleiches Trocknen bedingten Verschiedenheit der Oberfläche dieser Gypsdecke dem Holze gegenüber beruhen: jedenfalls weist sie darauf hin, dass man bei solchen Wirkungen auch den geringsten Verhältnissen Rechenschaft tragen müsse. So führt auch Bischof ein Beispiel an, wo nur durch die elektrische Wirknng der eisernen Reife um einen hölzernen Bottich, in welchem man Knpfervitriollösnng hatte, sich Absätze von derbem metallischen Knpfer gebildet hatten.

Vergleicht man die in den Vulcanen noch jetzt stattfindenden Erscheinnngen mit denjenigen, welche in den Gängen den Absatz der mineralischen Substanzen bewirkt haben müssen, so zeigt sich eine mannigfaltige Analogie. Wir sehen in den heutigen Vulcanen die Ausfüllungen von Spaltenräumen auf mehrfache Weise entstehen, und man kann folgende dabei thätige Processe unterscheiden. Erstens Einspritzung flüssiger geschmolzener Massen, welche in den Spalten erkalten, wie dies der Fall ist bei allen seitlichen Lavaausbrüchen, welche einen neuen Weg dnrch die Masse des Berges bahnen; zweitens trockene Sublimation mehr oder minder flüchtiger Substanzen, einfach durch die Hitze bedingt; drittens Sublimation mit Hülfe der sich entbindenden Wasserdämpfe, welche auf längerem Wege die mitgerissenen, fein zertheilten Massen allmälig fallen lassen. In den beiden angeführten Fällen von Sublimation lagern sich die Substanzen allmälig an entsprechenden Orten ab. Viele indess erreichen die Oberfläche und werden hier durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft auf die Dämpfe niedergeschlagen, wie wir denn gesehen haben, dass in der That die meisten Ablagernngen mineralischer Substanzen in den jetzigen Vulcanen nahe an der Oberfläche stattfinden. So hat man neuerdings beobachtet, dass die mit Eisenchlorid geschwängerten Dämpfe in einer Spalte am Vesuv Krystalle von Spiegelerz absetzten, ähnlich dem bekannten von Elba nnd anderen Orten. §. 1335.

Alle diese verschiedenen Wirkungen können in verschiedenen Gängen realisirt worden sein. Es können geschmolzene Massen aus der Tiefe eingedrungen sein, wohl der seltenste Fall, da die Laven §. 1336.

meist keine ausbeutbaren Metalle, die meisten Gänge aber Mineralien enthalten, welche unschmelzbar sind oder die Einwirkung der Hitze nicht vertragen. In anderen kann die Sublimation eine Rolle gespielt haben, wie das obige Beispiel vom Vesuv beweist. In den weitaus meisten Fällen aber ist der Wasserabsatz klar durch die Ganggesteine selbst erwiesen: Quarze, Spathe, Schwefelmetalle können nur auf diese Weise entstanden sein. Dieser Absatz kann aber wieder durch von unten aufsteigende Quellen, durch von oben einsickernde Wässer und durch die Auslaugung des Nebengesteines entstanden sein. Ja vielleicht ist es nötbig, für den Absatz mancher Substanzen noch besondere Kräfte in Anspruch zu nehmen. Es ist wenigstens auffallend, dass viele Metalle, namentlich Platina, Gold, Silber und Kupfer sich in unvererztem Zustande in manchen Lagern gefunden haben. Das Platin, welches man meist nur im aufgeschwemmten Sande ausbeutet, hat sich in der Nähe solcher Lagerstätten in anstehenden Trappen und Serpentinen gefunden. Das Gold, welches in dem Sande vieler Flüsse vorkommt, wird von diesen ohne Zweifel aus den primitiven Gesteinen ausgewaschen, innerhalb welcher diese Quellen ihren Ursprung nehmen, und gediegenes Kupfer hat man in Adern und Knötchen in Trappgängen an dem Ufer des Oberen-Sees in Nordamerika gefunden. Dieses letztere gediegene Kupfer, wie auch das gediegene Silber, das an vielen Orten gefunden wird, bat ganz das Aussehen, als sei es durch galvanische Einwirkung aus einer Lösung reducirt worden. In den meisten anderen Erzlagern befinden sich die Metalle in ganz besonderer Verbindung, auf welche näher einzugehen die Mineralogie und praktische Bergbaukunde angewiesen sind, meist in Form von Schwefelmetallen, die durch Oxydation an der Oberfläche den sogenannten Eisenhut bilden. Im Allgemeinen aber gilt als Regel, dass die wesentlichsten Erzlager sich in jener Zone metamorphischer Gesteine befinden, welche die krystallinischen Kerne umgiebt und mit diesen in nächster Verbindung steht. Die reichen Lager des Erzgebirges, des Harzes, der Rheingegenden, die Minen-Bezirke von England, Ungarn, Toscana und Südamerika können sämmtlich als Beispiele für diese Ansicht gelten.

§. 1337. Die sogenannten Seifengebirge sind lediglich Resultate der Verwitterung erzführender Gesteinsmassen, innerhalb welcher das Erz sich in meist losem Zustande befindet, während es in den benachbarten anstehenden Gesteinen in Gängen oder Adern gefunden wird. Da die Sand- und Grussmassen, welche aus der Verwitterung hervorgehen, meistens von den Gewässern weggeführt werden, so finden sich diese Erzlager gewöhnlich in den Vertiefungen und Thälern. Mit Ausnahme des Zinnes, das in Sachsen, Cornwallis und auf der Insel Banka aus dem Sande ausgewaschen wird, sind es deshalb meist nur

Gold, Platin und Diamanten, die zur Ansbentung solcher Lagerstätten Veranlassung geben. Diese Metalle finden sich im gediegenen Zustande besonders im Quarze der Gebirge und häufen sich vermöge ihrer Schwere beim Wegschwemmen an den tieferen Stellen an. Die Lagerstätten des Ural, Californiens, Afrikas und Australiens sind lediglich solche Seifengebirge, welche durch die Verwitterung der anstehenden Gesteine stets neuen Znschnss an Metall erhalten.

Die Umwandlung der Gesteine.

An verschiedenen Stellen schon wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die Gesteine und Felsmassen, welche die feste Erdkruste überhaupt bilden, häufig nns nicht mehr in derselben Gestalt nnd Zusammensetznng gegenübertreten, wie sie ursprünglich abgesetzt wurden. Bei einigen Gebilden ist dies so anffallend, dass schon ältere Beobachter, die noch keine Vorstellung von den Umwandlnngsprocessen selbst sich machen konnten, dennoch die Metamorphose als eine noch unerklärte Thatsache hinstellten. Bei anderen Gebilden dagegen herrscht noch allgemein unter den Geologen die Ueberzeugung, dass sie keinem Umwandlnngsprocesse nnterworfen gewesen seien und sich jetzt noch in derselben Form und Zusammensetzung darstellten, wie sie ursprünglich sich gebildet hätten. Die Entscheidnng mancher Streitfragen in dieser Hinsicht ist nm so schwieriger, als zu ihr ein Zusammenwirken verschiedener Wissenschaften gehört, die selten bei einem einzigen Forscher vereinigt sich finden. Die sämmtlichen Stoffe, aus welchen die festen und flüssigen Theile der Erdkruste bestehen, haben Beziehnngen zu einander, mit welchen die Chemie sich vorzngsweise zn beschäftigen hat, und wenn diese Beziehnngen bisher in weitem Maasse in den Laboratorien erforscht wurden, so kam man doch erst spät auf den Gedanken, die dort gewonnenen Resnltate auch anf die in der Natnr vorkommenden Verhältnisse anzuwenden und mit den von der Geologie festgestellten Thatsachen in Einklang zu bringen. Die Schwierigkeiten nun, welche sich dieser verwickelten Aufgabe entgegenstellen, liegen nicht allein darin, dass die Beobachtungen niemals alle Seiten, nach welchen hin ihre Resultate leiten, gleichmässig erschöpfen können, sondern sie sind anch gegründet in den gewaltigen Massen, welche die Natur uns vorführt und bei deren gegenseitiger §. 1338.

Aufeinanderwirkung die Länge der Zeit ein wesentliches Element darstellt, so dass geringe Kräfte, die für nnsere Mittel kanm wahrnehmbare oder messbare Resultate hervorbringen, dennoch bei den Umwandlungsprocessen der Gesteine im Grossen, eben dnrch die Summirung ihrer Wirkungen während nnabschbarer Zeitränme, gewaltige Endresultate hervorzubringen vermögen.

§. 1339. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass alle Gebilde, welche die feste Erdkruste, die Gewässer und die Atmosphäre znsammensetzen, in steter Wechselwirkung auf einander sich befinden. Wir sehen durch die blosse Einwirkung der Atmosphäre, des Sauerstoffes der Luft, der meteorischen Gewässer beständige Veränderungen vor sich gehen, deren sichtliche Resultate wir unter dem Ausdrucke **Verwitternng** zusammenfassen. Wir sehen dnrch den Einfluss der Gewässer, die in stetem Kreislaufe von dem Festlande in das Meer, von diesem in die Atmosphäre und aus derselben wieder auf das Land sich fortbewegen, gewaltige Massen fortgeführt und an anderen Stellen abgesetzt. Wir sehen dnrch die vnlcanischen Processe Berge und andere Bildnngen entstehen, die oft über weite Strecken der Erdkruste sich ausdehnen, und Kräfte in Anwendung gesetzt, wie Druck und Hitze, von deren Spiel unsere Laboratorien nns nur eine durchaus unzureichende Anschaunng gewähren können. Alle diese Processe hängen zum grossen Theile von der chemischen Wahlverwandtschaft der Stoffe ab, welche die Oberfläche der Erde znsammensetzen; und wenn es einerseits dem Geologen und Mineralogen gehört, die sichtlichen Resultate aufznfassen nnd ihre Beziehnng zur Bildnng der Erde darzustellen, so ist es andererseits Sache des Chemikers, die Gründe darzulegen, auf welchen diese Veränderungen bernhen. So kommt es dann, dass in geologischer Hinsicht allerdings viele Gesteine sich vorfinden, deren Lagerungsverhältnisse, wie änssere formelle Zusammensetzung, dentlich darauf hinweisen, dass in ihnen tiefgreifende Veränderungen vorgekommen sind, weshalb man denn die Gesteine vorzugsweise mit dem Namen der metamorphischen belegt hat, während andere, in denen die Chemie noch langsame aber im Ganzen durchaus unbedeutende Veränderungsprocesse nachweisen kann, dennoch für den Mineralogen und Geologen sich in einer Gestalt zeigen, welche der nrsprünglichen sich ausserordentlich annähert.

§. 1340. So hat man sich denn daran gewöhnt, unter dem Namen **metamorphischer Gesteine** hauptsächlich diejenigen Felsarten zu begreifen, welche gewöhnlich im Umkreise derjenigen krystallinischen Felsmassen sich finden, die keine Schichtnng zeigen und von denen, wie oben angegeben, man theilweise ans geologischen Beobachtungen folgert, dass sie aus der Tiefe in fenerflüssigem Zustande hervor-

gebrochen seien. — Die Kerne dieser Massen, welche besonders in den Gebirgen an die Oberfläche treten, zeigen sich stets von einem mehr oder minder bedeutenden Umkreise ursprünglich geschichteter, jetzt aber theils krystallinisch gewordener, theils in sonstiger Weise nach Lage und Zusammensetzung veränderter metamorphischer Gesteine umgeben, welche man gewissermassen ihren Halbschatten oder ihren Hof nennen könnte. Innerhalb dieses Hofes finden sich die auffallendsten Ueberstürzungen und Durcheinanderwicklungen der Schichten; hier zeigen sich, je näher man dem eruptiven Kerne kommt, die krystallinischen Kalke, die Grauwacken-, Glimmer- und Talkschiefer, die Quarzite und Gneisse, welche in ihrer Fortsetzung die normalen und compacten Schichten der äusseren Bekleidungen des eruptiven Kernes darstellen. Die Grenzen solcher metamorphischen Höfe haben meist mehr oder minder eine dem eruptiven Kerne entsprechende Form, welche um so bizarrer erscheint, je sonderbarer die Form des eruptiven Kernes selbst ausfällt. In diesen metamorphischen Höfen finden sich auch die meisten Erzgänge, deren wesentlichste Erscheinungen so sehr mit denselben verwebt sind, dass schon Werner alle diese metamorphischen Gebilde unter dem Namen der Ganggesteine begriff, damit anzeigend, dass in ihnen die wesentlichsten Reichthümer für den Bergmann gegeben seien. Die meisten Bergketten Europas und der übrigen Welttheile liefern Beweise für diese durchaus richtige Ansicht der Sache; die Erzgänge und Minen finden sich nicht innerhalb des massiven Kernes selbst, sondern auf den Grenzen desselben und innerhalb des metamorphischen Hofes, der denselben umgiebt.

Ausser diesen metamorphischen Höfen der Gebirgskerne finden sich indess noch weite Strecken, wo eigentliche eruptive oder Massengesteine gar nicht zu Tage treten und wo dennoch der Metamorphismus der geschichteten Gesteine eben so klar vorliegt. Wir haben in dem ersten Bande eine Menge solcher Gegenden angeführt, wie z. B. die Uebergangsgebilde des Rheins, der Bretagne, die Dolomitschichten des fränkischen Jura, die Wacken und Gypsformationen des permischen Systemes, in denen allen offenbar grosse Veränderungen auch nach der Ablagerung stattgefunden haben, ohne dass die Lagerung durch sichtlich von unten aufsteigende Gesteine gestört worden wäre.

Es ist natürlich, dass man von Anfang an, wo diese Umwand- §. 1341.
lungserscheinungen genauer in das Auge gefasst wurden, auch nach den Ursachen forschte, aus welchen sie hervorgegangen sein könnten. Sowie man einmal den Metamorphismus als eine grosse weitumfassende Erscheinung kennen gelernt hatte, so musste man auch suchen, die Gründe dieser Erscheinung zusammenzufassen und mit dem übrigen Stande der Wissenschaft in Einklang zu bringen. Es lag demnach im Stande der Wissenschaft, dass man zu einer Zeit, wo man zuerst den

Ursachen der Lagerungsänderung der Gesteinsmassen eine grössere Aufmerksamkeit zuwandte und den Einfluss der plutonischen Kräfte auf die Hebung der Gebirge würdigen lernte, wo man zugleich die Allgemeinheit der vulcanischen Erscheinungen erkannte, dass man in einer solchen Zeit auch die Erscheinungen des Metamorphismus von der Reaction des feuerflüssigen Erdkernes auf seine starre Rinde wesentlich abzuleiten suchte. Die Erscheinungen, welche man in thätigen und ausgestorbenen Vulcanen, an den Bekleidungen der Hochöfen und Kalköfen, sowie beim Zusammenschmelzen von Substanzen beobachtete, die beim Erkalten manche Mineralien hervorbrachten, dienten hier hauptsächlich als Maassstab zur Erörterung der in der Natur beobachteten Verhältnisse. Zur Erklärung derjenigen Phänomene, für welche die unmittelbare Beobachtung oder der Versuch nicht hinzureichen schien, nahm man dann noch mancherlei andere Erscheinungen zu Hülfe, worunter namentlich der Druck, die Zeitdauer, die Grösse der Massen und das Mitwirken von Dämpfen eine wesentliche Rolle spielten. Man berief sich darauf, dass bei allen vulcanischen Eruptionen eine ungeheure Quantität von Gasen, namentlich aber von Wasserdampf entwickelt werde, und dass dieser ausser Salzsäure, Schwefelwasserstoff, schwefeliger Säure und anderen mächtig wirkenden chemischen Agentien, die flüchtig sind, auch eine Reihe von Stoffen gewissermassen mechanisch mit sich reisse, welche sonst, wie z. B. Kieselsäure und Borsäure, vollkommen feuerbeständig sind. Man fand demnach die Wegführung einer Menge von Stoffen, die durch einfache Hitze nicht erklärt werden konnte, durch diese Anwesenheit von Gasen und Dämpfen vollkommen begreiflich; und obgleich man sich den Einwurf machen musste, dass diese Dämpfe in älteren Zeiten wohl nur eine geringere Rolle gespielt haben möchten, da bei den älteren eruptiven Gesteinen die Schlacken- und Aschenmassen fehlen, welche hauptsächlich als Resultat der Dämpfe angesehen werden können, so suchte man dann Hülfe in der Wirkung des Druckes, unter welchem man die Einwirkung der Hitze vor sich gehen liess. Einzelne Versuche deuteten darauf hin, dass bei erhöhtem Drucke andere chemische Einwirkungen statthatten, als bei dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre in unseren Laboratorien und in den Hochöfen. Man konnte sich darauf berufen, dass schon bei dem Drucke einiger wenigen Atmosphären die Kohlensäure aus dem kohlensauren Kalke selbst durch Glühen nicht ausgetrieben wird, ja dass letzterer in verschlossenen Gefässen geschmolzen werden kann, ohne seine Kohlensäure abzugeben. Man konnte ferner darauf aufmerksam machen, dass die Erhöhung des Druckes zwar bei gewöhnlicher Temperatur keinen wesentlichen Unterschied in den chemischen Erscheinungen hervorbrachte, dass aber bei erhöhter Temperatur, mit Druck combinirt, man sonst fast gänzlich unlösliche Substanzen, wie Apophyllit und Kieselerde, mit Leichtigkeit auflösen konnte.

Man konnte sich ferner auf die Länge der geologischen Epochen berufen. Die wochenlang dauernde langsame Abkühlung der Porcellanöfen, die jahrelang anhaltende Glühhitze der Hochöfen hat schon Erfolge in Bildung von Mineralien, welche in gewöhnlichen Laboratorien nicht erzielt werden können; und die früher angeführten Beispiele zeigen, dass in der That auf diese Weise mancherlei Erscheinungen geboten wurden, die man auf die Erklärung geologischer Phänomene anwenden konnte. Diese selbst aber liegen hinsichtlich der Zeitdauer, innerhalb welcher sie sich ausbilden, fast ausserhalb der Grenzen unseres Vorstellungsvermögens, und Tausende, ja Millionen von Jahren haben unseren Versuchen gegenüber höchstens die Bedeutung von Stunden und Wochen.

Man berief sich endlich auf die Verschiedenheit der Massen, womit einerseits die Natur, andererseits der experimentirende Forscher arbeitet. Selbst starke chemische Verwandtschaften können durch grosse Massen eines schwach reagirenden Stoffes aufgehoben werden. Nicht minder ändern physikalische Verhältnisse durch die Vergrösserung der Massen. Je gewaltiger die Menge eines eruptiven, in feurigem Flusse befindlichen Gesteines war, desto langsamer erfolgte seine Abkühlung, desto grösser war die unmittelbare Einwirkung dieser lange andauernden Hitze, desto weiter der Kreis, innerhalb dessen sich diese Einwirkung ausdehnte. Fand man nun in den beobachteten geologischen Verhältnissen Handhaben, welche darauf hindeuteten, dass dasselbe eruptive Gestein bald nur in breiiger halbfester Gestalt, bald wieder in dünnem Flusse hervorbrach (was natürlich einen bedeutenden Hitzeunterschied anzeigte), fand man, dass der Druck, unter welchem es hervorbrach, ein sehr verschiedener gewesen sein konnte und demnach auch die Erhitzung bis weit über den Schmelzpunkt hinübergereicht haben konnte, so liessen sich hiermit eine Menge von verschiedenen Verhältnissen aufstellen, wodurch man die Einwirkung der eruptiven Massen je nach den beobachteten Thatsachen erklären zu können glaubte.

Griff man im Verfolge dieser Untersuchungen noch weiter zurück, so wurde man natürlich auf den in feurigem Flusse befindlichen Erdkern hingeleitet, der gewissermassen als der Heerd für die vulcanischen und eruptiven Erscheinungen überhaupt galt. Indem man diejenigen metamorphischen Erscheinungen, welche sich im Umkreise krystallinischer Durchbrüche zeigten, unter dem Namen des zufälligen Metamorphismus zusammenfasste; bezeichnete man mit dem Namen des normalen Metamorphismus diejenigen Phänomene, welche auf der steten ununterbrochenen Einwirkung der innern Erdwärme auf diejenigen Gesteinsschichten beruhen sollten, von welchen die Rinde des feuerflüssigen Kernes gebildet wird. Dass diese Temperatur jetzt an der Oberfläche §. 1342.

der Erde gering genug sei, um gleich Null angesehen werden zu können, wurde schon früher weitläufiger nachgewiesen; dass in jetziger Zeit, bei der Zunahme von 1 Grad C. auf je 30 Meter Tiefe, man schon in sehr bedeutende Tiefen hinabsteigen müsse, ehe eine bestimmte Einwirkung angenommen werden könnte, geht schon aus dieser Thatsache hervor. Da man indessen Thatsachen kannte, welche bewiesen, dass die Laven durch die tiefstgelegenen Gesteine, wie Granite, durchgebrochen waren, so geizte man ebenso wenig damals mit der Tiefe, aus welcher man die Erscheinungen herleitete, als jetzt mit der Zeit, die man für manche Vorgänge in Anspruch nimmt.

Die älteren Sedimentgesteine wurden so gut wie die neueren grösstentheils auf dem Grunde des Meeres abgelagert, und bildeten dort nach und nach jene Schichten, die wir jetzt nur noch an wenigen Orten unverändert, mit unversehrten Petrefacten, wiederfinden. Diese Ablagerungen erreichen meist eine bedeutende Dicke, und da die Natur ihrer Fossilien darauf hinweist, dass sie in nicht zu tiefen Becken abgelagert wurden, so mussten beträchtliche Senkungen stattfinden, wodurch der Grund dieser Becken der Zone, in welcher die Wirkungen der Hitze fühlbar wurden, näher gebracht wurde. Zu diesem schon früher erwähnten Umstande gesellte sich indess noch ein anderer, der aus der Veränderung des Beckens selbst durch den beständigen Niederschlag hervorging.

§. 1343. Die Meere verhalten sich bekanntlich anders zur Wärme, als die festen Gesteine, in welchen eine regelmässige Zunahme der Temperatur nach innen stattfindet. Die Beweglichkeit der Wasserpartikelchen bringt beständige Strömungen hervor, wodurch die kälteren Theile zu Boden sinken, die wärmeren, ihrer grössern specifischen Leichtigkeit wegen, in die Höhe steigen, und auf dieser Beweglichkeit der Wassertheilchen beruht die Eigenthümlichkeit, dass einigermassen tiefe Wasserbecken und Meere auf ihrem Grunde die der grössten Dichtigkeit entsprechende Temperatur zeigen. Bei süssem Wasser findet sich dieser Dichtigkeitspunkt bekanntlich etwa bei + 4,5° C.; je salzhaltiger das Wasser ist, desto tiefer rückt er gegen den Nullpunkt hin und sogar unter denselben.

Aus diesen eigenthümlichen Verhältnissen, der Wärme gegenüber, ergiebt sich nun ein bedeutender Unterschied, je nachdem ein Becken mit Wasser erfüllt, oder durch Ablagerungen nach und nach gänzlich versandet wird. Man nehme zum Beispiel ein 300 Meter tiefes Meer an, welches sich mit der Zeit anfüllt. So lange es nur Wasser enthielt, so war in der Tiefe von 300 Metern eine Temperatur von Null Grad, und die Zunahme der Temperatur beginnt von diesem Punkte an mit je 1° C. per 30 Meter, so dass in 300 Metern unter dem Meeresgrunde sich 10 Grad, in 600 sich 20 Grad finden etc. Von dem Augenblicke

aber an, wo das Wasser durch feste Gesteinsschichten ersetzt ist, erfolgt die Wärmezunahme in anderer Weise. Läge das angefüllte Meeresbecken in einer Breite von 10 Graden mittlerer Bodentemperatur, so würden in 300 Metern Tiefe, wo früher auf dem Seegrunde Null Grad herrschten, sich jetzt 20 Grade finden, in 600 Metern Tiefe 30, statt früher 10, und so fort. Ein solches Verhältniss würde zwar in unseren jetzigen Zeiten nicht viel bedeuten; da man aber so weit ging, die Zunahme in früheren geologischen Epochen selbst auf je einen Grad per Meter zu veranschlagen, so waren die dadurch bedingten Zahlenunterschiede auch grösser und ein 300 Meter tiefes Becken, das, mit Wasser ausgefüllt, vielleicht 0^0 auf dem Boden gezeigt hätte, würde nach der Ausfüllung an derselben Stelle 300 Grade haben nachweisen lassen und in geringer Tiefe eine dem feurigen Flusse nahe Temperatur bekommen haben.

Man fand demnach theils in der Aenderung der Leitungsverhältnisse, welche Meeresbecken bei ihrer Ausfüllung erleiden, theils in der allmäligen Einsenkung und Tieferlegung dieser Meeresbecken, hinlänglichen Grund zur Erklärung des metamorphischen Zustandes, in welchem man die meisten älteren Gesteine sieht, und wenn man hierzu noch in Anrechnung brachte, dass in älteren Zeiten, wo die Dicke der festen Erde noch nicht so bedeutend war, eine Kraftäusserung, welche jetzt spurlos vorübergehen würde, genügen musste, um metamorphosirende feuerflüssige Gesteine auf die Oberfläche zu heben, so fand man darin eine noch bündigere Erklärung des Umstandes, dass die metamorphischen Erscheinungen um so häufiger sind im Durchschnitte, je älteren Epochen im Allgemeinen die Gesteine angehörten.

Die genauere Verfolgung der Processe, auf welche sich diese Annahme des plutonischen Metamorphismus gründet, ist in den meisten Fällen äusserst schwierig und die Theorie im Ganzen um desto unhaltbarer, je weniger sie durch Versuche erläutert und bestätigt werden kann. So bedeutend auch die Gebiete sein mögen, innerhalb deren man die Nachwirkungen vulcanischer Erscheinungen, Sublimationen auf trockenem oder wässerigem Wege, directe Einwirkung der Hitze, der heissen Dämpfe u. s. w. nachweisen kann, so stehen doch alle diese Erscheinungen weit zurück an Grösse gegen die Wirkungen des Metamorphismus überhaupt, und bei jedem Schritte sieht man sich entweder durch Mangel an Thatsachen gehemmt, oder nur durch theoretische Schlüsse oder zweifelhafte Thatsachen unterstützt, die auch auf andere Weise erklärt werden können. Nur in wenigen Fällen hat man durch directe Versuche diese oder jene Umwandlung nachweisen können; meist erweist sich der Versuch ungenügend, ja sogar oft entgegengesetzt, so dass man dann zu allen jenen Nebenumständen, wie lange Zeitdauer, Druck u. s. w., seine Zuflucht nehmen muss, um das Ausser- §. 1344.

ordentliche der Beobachtung herleiten zu können. Es leuchtet aber von selbst ein, dass solche Anskunftsmittel stets nur eine schwankende Basis bilden, da ihre Effecte nicht genauer berechnet werden können, und dass deshalb jedesmal, wenn Versuch oder Beobachtung einfachere Kräfte darlegen, welche dieselbe Wirkung gehabt haben können, diesen auch der Vorrang zur Erklärung der Erscheinung angewiesen werden muss.

§. 1345. Wir stehen in der jetzigen Zeit auf einem Wendepunkte, in welchem die chemischen Arbeiten einen grössern Einfluss auf die geologischen Resultate zu erhalten streben. Während man früher, durch die Starrheit der mineralischen Massen verleitet, diese als etwas ursprünglich Gegebenes und heinahe Unveränderliches betrachtete, ist man allmälig mehr und mehr daranf hingeleitet worden, dem steten Wechsel der Zusammensetzung in diesen Massen seine Aufmerksamkeit zuzuwenden und den allmäligen Veränderungen Schritt für Schritt mit der Wage in der Hand zu folgen. Die hauptsächliche Schwierigkeit, welche diesem Verfahren sich entgegenstellt, liegt wesentlich in der Beschränkung der chemischen Untersuchungsmittel gegenüber den gewaltigen Massen, welche die Natur uns entgegenführt, verbunden mit der Zeitdauer, während welcher die Processe von Statten gingen. Mengen von Stoffen, welche ihrer Geringfügigkeit halber durch unsere schärfsten Reagentien oft kaum nachgewiesen werden können, üben nichtsdestoweniger in langen Zeiten eine gewaltige Wirkung aus, die dann zuweilen in überraschender Massenentfaltung uns entgegentritt. So werden wir in der Folge sehen, dass äusserst geringe Mengen von Kieselerde, von Kohlensäure, von verschiedenen anderen Substanzen, die im Wasser aufgelöst sind, überraschende Wirkungen hervorbringen, welche durch Umänderung ganzer Gesteinslager sich später kenntlich machen. Bei steter Schärfung der Analysen und bei zunehmender Sicherung derselben, welche es gestattet, die erhaltenen Resultate zu vergleichen, werden stets mehr Ursachen der Gesteinsumwandlungen entdeckt, die früher verborgen waren. Da, wo der gewöhnliche Versuch in den Laboratorien nicht hinreicht, zeigt oft die Natur den Weg, indem sie die Resultate lange dauernder Wirkungen mit einem Male vor Augen führt. So leiten die Absätze aus Quellen, in denen sich die oft Jahrtausende anhaltende Einwirkung der Verdunstung und des Sauerstoffes der Luft summirt, auf Bestandtheile in dem Quellwasser, die in so äusserst geringer Menge vorhanden sind, dass nur bei ganz besonderer Aufmerksamkeit und beim Operiren mit grossen Massen Wassers ihre Anwesenheit erkannt werden kann. So zeigen ferner die Pseudomorphosen des Mineralreiches, wo eine Mineralsubstanz die andere verdrängt, und oft selbst in der Form des verdrängten Minerales auftritt, auf chemische Processe und auf Bestandtheile in dem durch die Gesteine durchsickern-

den Wasser, auf die man ohne diese Fingerzeige vielleicht nun und nimmermehr aufmerksam geworden wäre. Wenn demnach die Geologie noch ausserordentlich viele Aufklärung von der Chemie zu erwarten hat, so ist andererseits auch nicht zu verkennen, dass genaue geologische und mineralogische Beobachtungen eine feste Stütze für viele Erweiterungen der Chemie geben und auf Processe hinleiten können, zu deren Bestätigung es oft nur eines einfachen Versuches bedarf.

Bei der genauern Verfolgung der chemischen Processe, die man auf diese Weise in der Natur wirksam sieht, musste man mehr und mehr darauf hingewiesen werden, in dem Wasser und den darin aufgelösten Stoffen die wesentlichsten Agentien der Umwandlung zu suchen. Chemische Wirkungen zweier Körper auf einander lassen sich überhaupt nur in flüssigem oder gasförmigem Zustande denken, und da das Wasser, welches auf der Erde circulirt, fast das einzige von der Natur gebotene Auflösungsmittel ist, so musste man dieses natürlich den Wirkungen der feurigflüssigen Substanzen entgegensetzen. — So hat sich denn in der jüngsten Zeit ein scharfer Gegensatz herausgebildet zwischen den mehr chemischen Ansichten, die dem Wasser in den Umwandlungsprocessen die wesentlichste Rolle zutheilen und nur für sehr beschränkte Ausnahmefälle die Einwirkung des oben geschilderten, auf die Hitze basirten Metamorphismus annehmen; während die mehr geognostische Schule den feurigflüssigen Massen einen weit grössern Spielraum anweist und dem Wasser nur in Ausnahmefällen beschränkte Wirkungen einräumen will. Wir werden bei Betrachtung einzelner metamorphischer Processe, deren Untersuchung für die geologischen Ansichten gewissermassen Wendepunkte bildete, im Speciellen auf die Unterschiede zwischen beiden Ansichten zurückkommen, hier uns aber zuerst bemühen, kurz diejenigen Thatsachen nachzuweisen, welche zur Entscheidung vieler schwebender Fragen von grösserer Wichtigkeit sein können. Unmöglich würden wir weitläufiger auf die Processe eingehen können, welche neulich von Bischof umständlich erörtert wurden, so dass die Arbeiten dieses Chemikers den Ausgangspunkt für eine neue Richtung in der Geologie geben werden. §. 1346.

Schon oben machten wir darauf aufmerksam, dass das Wasser auf der Erde sich in einem beständigen Kreislaufe befindet, der aus der Atmosphäre durch die feste Erdkruste in das allgemeine Reservoir, das Meer, und durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre sich fortsetzt. Chemisch reines Wasser existirt nirgends, weder in der Atmosphäre, noch auf der Erde; überall finden sich entweder gasförmige oder feste Stoffe darin aufgelöst, die theils der Atmosphäre, theils den Gesteinen der Erdkruste entnommen sind. Das Regenwasser enthält stets eine geringe Menge von Kohlensäure, welche sich beim Durchgang der Tropfen durch die kohlensäurehaltige Luft darin auflöst, und wenn §. 1347.

auch diese Kohlensäure nur sehr gering an Quantität ist, so bildet sie doch, wie wir später sehen werden, eins der wichtigsten Agentien bei der Einwirkung des Wassers auf die Gesteine. Selten nur und zwar in Folge von Gewitterregen enthält das atmosphärische Wasser geringe Mengen von salpetriger nnd Salpetersäure, die durch den Blitz erzeugt werden; gewöhnlich aber eine äusserst geringe Spur von Ammoniak, deren chemischer Wirknng indess noch nicht weiter nachgeforscht wurde.

§. 1348. Das Wasser, welches aus der Luft auf die Erde fällt, ist demnach vorzugsweise eine schwache Auflösung von Kohlensäure in reinem Wasser. Man weiss, dass eine bestimmte Quantität derselben unmittelbar verdunstet, dass aber ein anderer Theil in die Erde eindringt nnd theils durch Klüfte nach unten abläuft, theils aber in die Gesteine selbst einsickert und in diesen allmälig weiter sinkt. Selbst in denjeuigen Gesteinen, in denen man keine Zwischenräume wahrnehmen kann, finden sich äusserst feine Räume und Spalten, dnrch welche das Wasser eindringt, so dass man wohl sagen kann, dass kein Gestein, anch das compacteste nicht, für Wasser undurchdringlich wäre. Da nun das nach unten einsickernde Wasser sich stets von oben her ersetzt, so dringt die Flüssigkeit bis in alle Tiefen vor, und in der That lehrt auch die Erfahrnng in Gruben nnd Bergwerken, dass zwar einzelne Gesteine mehr oder minder durchdringlich sind, dass aber alle dem Wasser keinen absoluten Widerstand entgegensetzen. Am nndurchdringlichsten sind noch homogene Gesteine, wie namentlich die dichten Kalksteine nnd die Quarze, obgleich auch diese keinen vollständigen Widerstand leisten, wie schon daraus hervorgeht, dass man selbst scheinbar ganz dichte Achate und Chalcedone mit organischen Substanzen, wie z. B. Honig, vollkommen durchdringen und nach Belieben färben kann. Die glasigen Massen, wie Pechsteine und Obsidiane, sowie die Thonarten, welche gewissermassen eine fettige Eigenschaft haben, leisten den grössten Widerstand, während die krystallinischen und körnigen Gesteine fast durchgängig leicht durchdringlich sind nnd nach anhaltendem Regen oder nach der Schneeschmelze im Frühjahr selbst ganz im Innern grosser Massen auf den Bruchflächen sich feucht zeigen. Daher kommt es denn, dass solche Gesteine, welche durch das durchsickernde Wasser in bedeutenderm Maasse zersetzt werden, nach innen hin, wie die Steinbrecher sich auszudrücken pflegen, faul werden, nnd dass man selbst im Innern solcher Massen, die wenig verwittern, wie z. B. in Basalten, oft Spnren von der Anwesenheit von Wasser findet. Im Allgemeinen kann man die Durchdringlichkeit eines Gesteines für das Wasser nach der Leichtigkeit ermessen, mit welcher verdünnte Sänre in das Gestein eindringt, deren Weg man leicht mit dem Lackmnspapier verfolgen kann.

Es ist einleuchtend, dass namentlich bei dem Durchsickern des Wassers durch solche mikroskopische Räume, wie die festeren Gesteine sie darbieten, das Wasser eine möglichst grosse Quantität von Stoffen aus dem umgebenden Gesteine auflösen muss, indem diejenigen Bedingungen, welche die Auflösung erleichtern, nämlich verlängerte Einwirkung und möglichste Vergrösserung der Oberflächen, ausgiebig vorhanden sind. Da nun das Wasser, je tiefer es sinkt, von oben her unter einem gewissen Drucke steht und die Gesteinsschichten mit ihren vielfach verzweigten mikroskopischen Zwischenräumen gewissermassen einen Apparat darstellen, welcher den Filtrirmaschinen durch Verdrängung ähnlich ist, so sieht man leicht ein, dass bei dem Durchsickern des Wassers dieses zuletzt von allen Stoffen, mit welchen es in Berührung kommt, bis zur Sättigung auflösen muss. Da aber das durchsickernde Wasser nicht reines Wasser, sondern die schwache Lösung einer freilich schwachen Säure, der Kohlensäure, ist, so muss die auflösende Wirkung noch erhöht werden, indem die Länge der Zeit einen Ersatz leistet für die Stärke der Säure, welche in dem Wasser aufgelöst ist.

Absolute Unlöslichkeit in reinem oder kohlensaurem Wasser ist §. 1349.
nun eine Eigenschaft, welche, genau genommen, keiner einzigen Mineralsubstanz zukommt. Schon früher hatte man bemerkt, dass selbst gepulvertes Glas eine theilweise Zersetzung durch Wasser erleide und eine gewisse Quantität seines Alkali an das Wasser abgebe. Genauere Versuche haben gelehrt, dass alle Feldspathe, Glimmer, Turmalin, Augit, Quarz, Hornblende, Talk, Serpentin, Obsidian, Lava, Grünstein, Gneiss, Hornblendeschiefer und eine Menge anderer Mineralien wirklich in feingepulvertem Zustande von Wasser aufgelöst werden, und manche in so bedeutendem Maasse, dass man die im Wasser aufgelösten Alkalien, die Magnesia und den Kalk, durch Reagentien erkennen kann. Was aber die Gewässer in kurzer Zeit ausrichten, wenn ihnen die Mineralien in feingepulvertem Zustande dargeboten werden, das bewirken sie in längerer Zeit, wenn die Berührungsflächen weniger gross sind. Man kann daher mit vollkommener Sicherheit aussprechen, dass ausser den edlen Metallen nichts im Mineralreiche existirt, was der auflösenden Kraft der eindringenden Gewässer einen absoluten Widerstand entgegenzusetzen vermöchte.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Löslichkeit aller Substanzen §. 1350.
durch Wärme und vielleicht auch durch Verbindung von Druck mit Wärme befördert werden kann, und dass demnach viele Gesteine, welche dem kalten Wasser einen langen Widerstand entgegensetzen, in siedend heissem oder in Quellen, die aus bedeutender Tiefe aufsteigen, in weit grösseren Mengen aufgelöst werden können. Der Druck

allein wirkt bei gewöhnlicher Temperatur des Lösungsmittels durchaus nicht ein; dagegen hat man durch Versuche nachgewiesen, dass viele Substanzen in geschlossenen Dampfkesseln, worin das Wasser über den Siedepunkt erhitzt werden kann, sich in mehr oder minder bedeutenden Quantitäten auflösen und beim Erkalten sich aus der Lösung wieder ausscheiden; heisse Quellen sind deshalb jedenfalls weit kräftigere Zerstörungsmittel der Gesteine, als kalte, indem sie bedeutendere Quantitäten der von ihnen durchsickerten Massen auflösen. In einer gewissen Tiefe unter der Erdoberfläche, wo die constante Temperatur sich über den Siedepunkt des Wassers erhebt, müssen die Auflösungsprocesse und dadurch bedingten Zersetzungen und Umwandlungen der Gesteine in weit bedeutenderm Maassstabe sich kundgeben, als an der Oberfläche selbst, wo die gewöhnliche Bodentemperatur herrscht und heisse Quellen zu den Seltenheiten gehören. Dieselben Versuche mit Substanzen, die in geschlossenen Röhren mit Wasser und anderen Lösungsmitteln in überhitztem Zustande, also unter bedeutendem Drucke und hohen Hitzegraden angestellt wurden, haben ganz neue Verbindungen herstellen lassen und nachgewiesen, dass hohe Hitzegrade die gewöhnlichen Wahlverwandtschaften der Stoffe nicht nur modificiren, sondern sogar gänzlich ändern und aufheben.

§. 1351. Schon früher wurde angeführt, dass die Quellen und fliessenden Gewässer niemals vollkommen rein sind, sondern eine gewisse Quantität von Stoffen aufgelöst enthalten, welche sie beim Durchsickern durch die Gesteine aufgenommen haben. Aus der allgemeinen Löslichkeit der Mineralsubstanzen geht hervor, dass alle Stoffe, die in der Erdrinde existiren, auch im Wasser gelöst circuliren müssen, wenngleich viele in so ungemein geringer Quantität, dass ihre Entdeckung nur durch besondere Mittel möglich wird. Heisse und kalte Quellen unterscheiden sich durchaus nicht hinsichtlich der Art der in ihnen aufgelösten Bestandtheile, ja oft nicht einmal hinsichtlich der Quantität, indem es viele heisse Quellen giebt, wie z. B. die von Pfeffers und von Gastein, die aus sehr schwer zersetzbaren Gesteinen hervorkommen und deshalb viel weniger Bestandtheile aufgelöst enthalten, als viele kalte, aus löslichen Gesteinen hervorbrechende Gewässer. Man ist jetzt nach und nach dazu gekommen, selbst solche Metalle, welche nur in äusserst geringen Quantitäten vorkommen, wie z. B. Arsenik und Antimon oder Jod, in verschiedenen Gewässern nachzuweisen. Im Allgemeinen sind es aber kohlensaure Alkalien, doppeltkohlensaurer Kalk und Eisenoxydul, schwefelsaurer Kalk oder Gyps, Kieselerde und Kochsalz, welche fast nie fehlende Bestandtheile der fliessenden Wasser bilden. Berücksichtigt man die Analyse eines Gewässers nur hinsichtlich der Menge der darin aufgelösten Substanzen, so könnte man die stete Auslaugung der Gesteine für einen äusserst geringfügigen Process

halten, unfähig, bedeutende Aenderungen in der Gestaltung der Erdkruste überhaupt hervorzubringen. Berechnet man aber aus den geringen Quantitäten, welche die Analyse nachweist, die Massen, welche durch Bäche und Flüsse in das Meer geführt werden, so erhält man Quantitäten, die, verbunden mit der Länge der Zeiträume, innerhalb welcher diese Fortführung dauert, ganz ausserordentliche Massenwirkung darlegen. Wir werden bei den einzelnen Stoffen einige dieser Berechnungen anführen, aus denen hervorgeht, dass binnen verhältnissmässig geringen Zeiträumen gewaltige Schichten durch den Niederschlag der in den Gewässern aufgelösten Stoffe hervorgebracht werden können, und dass noch bedeutendere Massen dadurch in ihrer Zusammensetzung und Structur geändert werden können, indem nur eine gewisse Quantität ihrer Bestandtheile gegen andere ausgetauscht wird.

Die genauere Analyse der Quellenbestandtheile sowie der freiwil- §. 1352.
ligen Absätze und der organischen Ausscheidung aus den Gewässern überhaupt giebt wichtige Fingerzeige für die Bildung der festen Erdschicht. So geht schon aus dem Vorwiegen der Natronsalze im Verhältnisse zu den Kalisalzen, welche besonders im allgemeinen Reservoir des Meeres so auffallend ist, die Folgerung hervor, dass das Natron aus den Gesteinen in weit grösserm Verhältnisse muss ausgelaugt werden als das Kali, und da in der That die Natron enthaltenden Mineralien sich leichter zersetzen als Kaligesteine, so werden wir aus der Vergleichung der Analyse ähnlicher und unter ähnlichen Verhältnissen abgesetzter Gesteine, von denen das eine viel Natron im Verhältnisse zum Kali enthält, das andere aber wenig oder gar kein Natron, mit Sicherheit entnehmen können, dass das letztere ausgelaugt, im Zersetzungsprocesse begriffen, das erstere aber noch ziemlich unverändert sei. Auch die Untersuchung der Absätze selbst kann nicht nur Stoffe im Wasser nachweisen, die man der grossen Verdünnung der Lösung halber nicht finden würde, sondern kann noch mancherlei wichtige Fingerzeige für geologische Verhältnisse geben. Ein Wasser, welches kohlensauren Kalk, kohlensaure Magnesia und kohlensaures Eisenoxydul enthält, wird wegen der verschiedenen Löslichkeit dieser Substanzen bei der Sinterbildung zuerst das Eisenoxydul in Form von Oxyd mit Kalk gemengt absetzen, beim weitern Fortrinnen fast reinen kohlensauren Kalk liefern und zuletzt ein dolomitisches Gestein absetzen, das eine gewisse Quantität von der am leichtesten löslichen Magnesia enthält. Man sieht aus diesem Beispiel, dass sehr verschieden zusammengesetzte Krystall- und Sinterbildungen successive Producte eines und desselben Wassers sein können, die sich in verschiedener Zeit bildeten.

Schon vielfach wurde in vorhergehenden Abschnitten darauf auf- §. 1353.
merksam gemacht, dass die Thätigkeit der Organismen zur Fixirung bestimmter mineralischen Massen, wie namentlich des kohlensauren

Kalkes und der Kieselerde, das wesentlichste Agens gewesen sei. Betrachtet man die Wirkung dieser Organismen von chemischem Standpunkte aus, so erscheint sie besonders deshalb als nothwendig, weil ohne sie der Niederschlag dieser Substanzen aus den verdünnten Lösungen des Wassers gar nicht möglich wäre. Die mikroskopischen Kieselpflanzen, die Rhizopoden, die Korallenthiere, die Muscheln und Schnecken sind vom chemischen Standpunkte aus ebensoviele Pumpwerke, welche ununterbrochen Ströme von Wasser anziehen, die in dem Wasser gelösten Stoffe abfiltriren, das Ausgeschiedene festhalten und das ausgesogene Wasser wieder von sich entfernen. In dem Körper der meisten niederen Thiere kann man schon durch anatomische Beobachtung den beständigen Strom nachweisen, welcher durch alle Organe circulirt, für die Pflanzen kann man denselben durch Berechnung finden. Das Gewicht des Kieselpanzers einer Navicelle beträgt im allerhöchsten Falle 0,000576 Gran. Die Kieselsäure im Meerwasser beträgt im Maximum $^{1}/_{33333}$. Es bedürfte demnach 19,2 Gran Meerwasser, um einen solchen Kieselpanzer zu bilden, wenn aller Gehalt an Kieselerde zu dieser Bildung verwendet würde, und die Navicelle müsste wenigstens 33333 mal so viel Wasser durch ihren Körper durchgehen lassen, als ihr Panzer wiegt, um diesen zu bilden. Jedenfalls wird aber nur ein kleiner Theil der Kieselerde beim Durchgange durch die Navicelle fixirt; wir können demnach annehmen, dass die Masse des durchzutreibenden Wassers in demselben Verhältnisse zu dem Gewichte des ganzen Körpers (der ausser dem Panzer auch organische Substanzen enthält) steht, wie die ganze Menge der Kieselerde im Meerwasser zu dem Gewichte des Panzers. Nehmen wir nun an, dass dieser Panzer in 24 Stunden gebildet werde, und diese Zeit ist noch eine lange, so geht innerhalb dieser 24 Stunden wenigstens das 33333fache Gewicht an Meerwasser durch die Navicelle. Dies ist ebensoviel, als wenn ein Mensch von 150 Pfund Gewicht in 24 Stunden 5 Millionen Pfund Wasser durch seinen Körper führte, was einen Strom von einem Cubikfuss in der Secunde geben würde, der ein oberschlächtiges Mühlrad zu treiben im Stande ist. Aus ähnlichen Berechnungen ergiebt sich, dass eine Auster bei einem Gehalte von $^{1}/_{10000}$ Kalk im Meerwasser wenigstens 5 bis 10 Cubikfuss Wasser durch ihren Körper treiben muss, um ihre Schale zu bilden, wenn sie auch allen Kalk abschiede, d. h. etwa das 3000- bis 8000 fache ihres Körpergewichtes, wenn man dieses ohne die Schale bestimmt. Wir werden später sehen, dass die Thätigkeit der Organismen sich nicht bloss darauf beschränkt, feste Stoffe gewissermassen gewaltsam aus der Auflösung zu reissen, sondern dass auch die organische Substanz zur Erhaltung dieses Absatzes thätig ist.

§. 1354. Wir haben in dem Wasser das wesentlichste vermittelnde Agens kennen gelernt, durch welches in alle Tiefen, an alle Orte die Zer-

störung und Wiederaufbauung der Mineralsubstanzen getragen werden kann. Wir haben nun noch für unsern speciellen Zweck diejenigen Stoffe genauer zu untersuchen, welche in den Umwandlungsprocessen die wesentlichste Rolle spielen, indem wir unmöglich uns mit denjenigen Substanzen befassen können, deren Einwirkung, wenn auch oft sehr intensiv und klar darliegend, dennoch nur auf wenige Processe oder geringe Erstreckungen beschränkt ist.

Der Sauerstoff der Luft, der für das organische Reich das wichtigste Zerstörungsmittel ist, indem unter seinem Einflusse die organischen zusammengesetzten Substanzen durch die Processe der Athmung, Verbrennung, Gährung und Fäulniss hindurch endlich zu Kohlensäure und Wasser verbrennen, spielt in dem Mineralreiche nur noch eine untergeordnete Rolle, da sich nur wenige Stoffe finden, welche nicht schon vollkommen oxydirt wären. Sein wesentlichster Einfluss beschränkt sich auf die Verbrennung des Schwefels, des Schwefelwasserstoffes, welche bei den vulcanischen Processen sich entwickeln, und auf die Bildung der dadurch entstehenden Säuren, unter welchen besonders die Schwefelsäure ein ausserordentlich starkes Agens der Auflösung bildet. Von grosser Bedeutung ist er aber für die Verwitterung; die meisten Gesteine enthalten Eisenoxydul, welches bei der Berührung mit feuchter Luft in höhere Oxydationsstufen übergeht und damit gewöhnlich ganz oder theilweise aus den Verbindungen heraustritt, die es als Oxydul inne hatte. Die Verwitterung solcher eisenhaltigen Gesteine wird demnach stets durch Bildungen von Eisenocker eingeleitet, wodurch die Gesteine selbst in ihrem Innern aufgelockert und weiteren Zersetzungen zugänglich gemacht werden. In das Innere der Gesteine dringt aber der Sauerstoff ebenfalls mittelst des Wassers ein, in welchem er sich in bestimmter Menge anflöst. Vollkommen trockene Gesteine sind meist für den Sauerstoff gänzlich unzugänglich, und nur durch Befeuchtung wird der Oxydationsprocess des Eisens eingeleitet. Immerhin ersetzt der Vegetationsprocess der Pflanzen wieder die Sauerstoffmenge, welche der Luft durch die Oxydationsprocesse entzogen wird.

Weit bedeutender als die Rolle des Sauerstoffes ist diejenige der §. 1355.
Kohlensäure, durch deren Aufnahme aus der Luft das atmosphärische Wasser in eine schwache Säure umgewandelt wird. Diese saure Flüssigkeit wirkt, wie wir schon früher bemerkten, durch die Länge der Zeit, und die Vermehrung der Berührungsflächen ganz in ähnlicher Weise wie stärkere Säuren in kürzerer Zeit und bei geringerer Zertheilung wirken. Alle Gewässer enthalten entweder freie Kohlensäure oder einen Ueberschuss von Kohlensäure, der mit den in Wasser gelösten kohlensauren Salzen, wie namentlich mit dem Kalke ein löslicheres doppeltkohlensaures Salz, ein Bicarbonat bildet. Die Doppelsalze lassen sich schon durch Kochen zersetzen, indem die überschüssige Kohlen-

säure frei wird und einfachkohlensaures Salz zurückbleibt; die Kohlensäure ist mithin in diesen Bicarbonaten so schwach gebunden, dass sie allen anderen Körpern gegenüber wie freie Säure handelt. In Gewässern, welche mit doppeltkohlensaurem Kalke gesättigt sind, entsteht deshalb schon durch Kochen ohne bedeutendere Verdunstung eine Trübung durch den niederfallenden einfachkohlensauren Kalk, der im Wasser weit weniger löslich ist. Ganz derselhe Effect findet statt, wenn ein Theil des Wassers verdunstet, indem auch dann Kohlensäure mit entbunden und einfachkohlensaurer Kalk niedergeschlagen wird. Gewässer, welche kohlensauren Kalk enthalten, bleiben deshalb nur dann klar, wenn sie freie Kohlensäure ausserdem besitzen, und in der That findet sich diese nicht nur in den meisten fliessenden Wässern, sondern auch in dem Meere, aus welchem man durch Kochen 0,023 Procent Kohlensäure austreiben kann. Ohne die Dazwischenkunft organischer Körper, welche sich in dem Meere befinden und, wie eben bemerkt, die Rolle von Pumpwerken und specifischen Filtern spielen, würde demnach ein Niederschlag kohlensauren Kalkes aus dem Meere unter den jetzigen Verhältnissen durchaus unmöglich sein. Das Meerwasser muss im Gegentheile durch diesen Kohlensäuregehalt die Kalklager seiner Ufer und seines Bodens beständig auflösen, wenn sie nicht durch andere Verhältnisse geschützt sind.

§. 1356. Wasser, welches mit Kohlensäure vollkommen gesättigt ist, kann im höchsten Falle 0,1 Procent kohlensaures Kalkes auflösen. Um diesen kohlensauren Kalk in Auflösung zu erhalten, braucht es aber nur ein Zehntheil der Kohlensäuremenge, der zur Sättigung hinreicht. Es erklärt sich aus diesem Umstande, dass heisse Quellen, in welchen unsere Zunge den Kohlensäuregehalt nicht mehr zu unterscheiden vermag, ebensoviel Kalk enthalten können als Sauerquellen, und dass er aus ihnen sich um so leichter absetzt, als bei der Verdunstung soglcich auch eine gewisse Quantität zur Auflösung nöthiger Kohlensäure mit verdunstet. Die Meteorwasser, welche von aussen eindringen, enthalten indess bei Weitem nicht so viele Kohlensäure und brauchen auch zur Auflösung nicht so viele zu enthalten, da die meisten Gewässer bei Weitem nicht mit doppeltkohlensaurem Kalke gesättigt sind. Nichtsdestoweniger führen diese Gewässer, wenn man es im Ganzen berechnet, ungeheure Quantitäten kohlensauren Kalkes fort, der den Erdschichten entnommen ist.

Die geringen Mengen Kohlensäure, welche die atmosphärischen Gewässer aus der Luft und beim Durchdringen der Dammerde aus den Zersetzungsproducten der organischen Substanzen aufnehmen, diese geringen Kohlensäuremengen sind es, welche Berge versetzen, Erdfälle und Höhlen hervorbringen und solche Massen von kohlensaurem Kalke fortführen, dass manche Forscher selbst nicht ungeneigt sind, die man-

nigfaltigen Schichtenbiegungen der älteren Gesteine nicht von Hebungen, sondern von Senkungen in Folge der Fortführung und Auslaugung des kohlensauren Kalkes abzuleiten. Das Wasser wie die Kohlensäure vereinigen sich hier zu einem ähnlichen Kreislaufe, und derselbe Wassertropfen wie dasselbe Kohlensäurebläschen können die Zerstörung und Wiederaufbauung bis ins Unendliche fortsetzen. Der Wassertropfen, welcher bei der Verdunstung seinen kohlensauren Kalk fallen lässt, verdunstet in der Luft, fällt als Regentropfen nieder und beginnt von Neuem seinen Lauf in flüssiger Gestalt. Mit ihm ist Kohlensäure verdunstet, die ebenfalls in die Atmosphäre zurückgekehrt ist und bei dem Niederfallen des Regentropfens von diesem aufs Neue aufgenommen wird. Der kohlensaure Wassertropfen rinnt durch die Gesteine, löst Kalk auf, führt ihn fort und setzt ihn, vielleicht nach meilenlangem Laufe, wieder ab, um aufs Neue zu verdunsten und dasselbe Spiel zu beginnen. So ist Zerstörung und Neubildung nur das Resultat einer steten Circulation derselben Substanzen, in denen dieselben Processe sich immer und immer wiederholen, bis die Resultate zu sichtlicher Grösse angewachsen sind, und man begreift, wie alle Gesteine, welche nur irgend auflösliche Substanzen enthalten, nach und nach durch diese kohlensaure Flüssigkeit ausgelangt und der löslichen Massen beraubt werden. Wir haben gesehen, dass nur die wenigsten Mineralien dem kohlensäurehaltigen Wasser widerstehen, und dass die meisten derselben, wenn auch in winzigen Quantitäten, von ihm aufgelöst werden, so dass schon hierdurch die allmälige Zerstörung der festen Erdkruste durch dieses einfache Agens begreiflich wird. Wir werden uns aber in der Folge überzeugen, dass diese Wirkung noch durch die doppelten Wahlverwandtschaften erweitert wird, welche die in dem kohlensauren Wasser aufgelösten kohlensauren Salze besitzen, wodurch Zersetzungen bedingt werden, die durch die einfache Kohlensäure nicht möglich wären.

Die beständige Erneuerung der Kohlensäure erscheint um so nöthiger in dem Haushalte der Natur, als eine grosse Quantität derselben beständig durch Fixirung der Atmosphäre und dem Wasser entzogen wird. Die sämmtlichen Kalkschichten, welche theils durch einfachen Absatz, theils durch organische Thätigkeit hervorgebracht werden, sind zu mehr als einem Drittheil ihres Gewichtes aus Kohlensäure zusammengesetzt. Ein steter Regenerationsprocess findet nur durch die Organismen statt, indem die Athmung der Thiere, die Gährung, Verwesung, Fäulniss und Verbrennung organischer Stoffe eine stete Quelle von Kohlensäurebildung sind. Schwerlich aber dürfte diese Thätigkeit der organischen Natur auch weiter hinausreichen, als auf den Verbrauch an Kohlensäure, dessen die organische Schöpfung wieder zu ihrem Leben bedarf. Die Vegetation des gesammten Pflanzenreiches §. 1357.

beruht nämlich wesentlich auf dem Grundprocesse, dass die Pflanzen die in der Luft und in der Dammerde sich entwickelnde Kohlensäure absorbiren und in der Weise zerlegen, dass kohlenstoffhaltige organische Verbindungen gebildet und Sauerstoff frei wird. So weit es möglich ist, bei solchen ins Grosse gehenden Verhältnissen Berechnungen anzustellen, so darf man wohl annehmen, dass die Neubildung von Kohlensäure durch die organische Welt dem Verbrauche derselben die Wage halten dürfte, und dass demnach bei fortdauernder Fixation von Kohlensäure durch das Mineralreich der Vorrath derselben nach und nach aufgebraucht werden müsste.

§. 1358. Wie in dem organischen Reiche, so existirt aber auch in dem mineralischen eine beständige Circulation der Kohlensäure, bei welcher der Heerd der Neubildung grösstentheils in die Tiefe der Erde gelegt ist. In allen älteren vulcanischen Gegenden entströmen ungeheure Mengen kohlensauren Gases dem Boden, welche durch die Winde in die Atmosphäre geführt werden. Die Quelle dieser Ausströmung liegt tief unter allen sedimentären Formationen, und namentlich in der Eifel z. B. sicherlich unter dem Thonschiefergebirge und den Grauwackenschichten, welche die Grundlage der rheinischen Vulcanenzone bilden. An unendlich vielen Orten zeigen sich dieselben Ausströmungen auch ohne andere directe Spuren vulcanischer Phänomene. Gewiss wird diese Kohlensäure aus kohlensauren Salzen, namentlich aus kohlensaurem Kalke gebildet, dessen Schichten in der Tiefe entweder einer so bedeutenden Hitze ausgesetzt sind, dass durch dieselbe der kohlensaure Kalk zersetzt und wie in unseren Kalköfen gebrannt wird, oder die doch wenigstens in erhöhter Temperatur mit anderen Stoffen zusammenkommen, wodurch die Zersetzung erleichtert wird. Kieselerde und Kohlensäure halten sich die Wage — der endliche Sieg gehört dem nachhaltigen Stoffe. Jede kohlensaure Verbindung kann zuletzt durch Kieselsäure, jede kieselsaure durch Kohlensäure zersetzt werden. Die Kieselerde, welche bei gewöhnlicher Temperatur aus ihren Verbindungen von der Kohlensäure verdrängt wird, wird in erhöhter Temperatur deshalb die stärkere Säure, weil sie feuerbeständig, die Kohlensäure aber flüchtig ist, und diese Zersetzung beginnt schon bei der Siedhitze des Wassers, während sie beim Zusammenglühen von Kieselerde oder kieselsauren Salzen mit kohlensauren vollständig ist; wo also im Inneren der Erdkruste nur siedendheisses Wasser, kohlensaurer Kalk und Kieselsäure zusammentreffen, da muss diese Zersetzung vor sich gehen und unter Entbindung von Kohlensäure ein Kalksilicat gebildet werden. Dasselbe Agens also, welches auf der Oberfläche der Erde bei gewöhnlicher Temperatur den kohlensauren Kalk auflöst und mit sich in das Innere der Erde hinabführt und nach und nach die Silicate zersetzt, wird dort wieder bei höherer Temperatur frei gemacht und

der Atmosphäre durch kohlensaure Gewässer und Ausströmung aus Spalten zurückgegeben.

Nicht minder ausgebreitete Wirkungen zeigt die Kieselerde, die bekanntlich einen grossen Theil aller Gesteine bildet und in ihrem chemischen Verhalten sich als eine Säure zeigt, die bei gewöhnlicher Temperatur ausserordentlich schwach ist, bei der Glühhitze aber ihrer Feuerbeständigkeit wegen fast alle anderen Säuren austreibt. Trotz der geringen Verwandtschaft der Kieselerde zu den Basen im Allgemeinen giebt es indessen eine ganze Reihe von Silicaten, welche auch durch stärkere Säuren nicht zersetzt werden und bei denen man deshalb, um sie aufschliessen zu können, entweder das Zusammenschmelzen mit Alkalien und Erden, oder das Digeriren mit Flusssäure anwenden muss, welche die Kieselsäure unter allen Umständen auflöst. Von besonderer Wichtigkeit in dem chemischen Verhalten der Kieselerde ist der Umstand, dass dieselbe in zwei verschiedenen Zuständen auftreten kann, in einem gallertartigen, wo sie mit Wasser aufquillt in ähnlicher Weise wie Traganth, und in einem pulverigen Zustand, in welchem sie bedeutend unlöslicher ist. Beide isomerische Modificationen gehen zwar leicht und durch ziemlich unbedeutende Umstände in einander über, scheinen aber dennoch sich in manchen chemischen Verbindungen zu erhalten. So giebt es viele natürliche Silicate, welche zwar durch Salzsäure zersetzt werden, aber doch nur schwer und nicht ganz vollständig, und bei welchen die Kieselerde sich als Pulver abscheidet; während die leicht und vollständig aufschliessbaren Silicate die Kieselerde in Form einer Gallerte austreten lassen. Zuweilen kommen selbst bei beginnender Zersetzung der Gesteine beide Modificationen der Kieselerde in derselben vor, so dass ein Theil als Gallerte, der andere als Pulver sich abscheidet; und man kann im Allgemeinen das erste Stadium der Zersetzung kieselerdehaltiger Mineralien darein setzen, dass die Kieselerde aus dem pulverigen in den gallertartigen Zustand übergeführt wird. Selbst diejenige Kieselerde, welche bei der Zersetzung der Gesteine sich im Wasser auflöst, scheint bei dieser Lösung den pulverigen oder gallertartigen Zustand beizubehalten. Beim Zusammentreffen mit stärkeren Basen aber, besonders mit Alkalien wird der pulverige Zustand stets in den gallertartigen übergeführt. §. 1359.

Obgleich man die Kieselerde im Durchschnitt als vollkommen unlöslich im Wasser betrachten kann, sowie als vollkommen feuerbeständig auch bei der heftigsten Glühhitze, so sind doch beide Eigenschaften nur relativ, und es kann keinem Zweifel unterliegen, dass selbst Chalcedon und ähnliche Mineralien, wenn auch in ausserordentlich geringer Quantität, vom Wasser aufgelöst werden und dass sie sich in glü- §. 1360.

bendem Zustande mit Wasserdämpfen verflüchtigt, so dass man beim Durchstreichen von Wasserdämpfen durch einen Fayenceofen an der Austrittsöffnung der Wasserdämpfe eine bedeutende Quantität Kieselerde in Gestalt eines feinen weissen Schnees abgesetzt fand.

Ausser den Meteorwassern giebt es kaum irgend ein Wasser auf Erden, welches nicht wenigstens Spuren von Kieselerde enthielte, die man dadurch erkennen kann, dass man das Wasser bis zur völligen Trockne abdampft, dadurch die Kieselerde in den unlöslichen pulverigen Zustand überführt, wodurch sie dann beim Auflösen des Rückstandes in Säure zurückbleibt. So gering auch diese Quantität von Kieselerde sein mag (0,021 — 0,027 auf 10000 Theile Wasser in der Aar oder im Rheine, und 0,003 Proc. im Meerwasser), so ist dennoch diese Quantität hinreichend, um bedeutende geologische Veränderungen hervorzubringen. In heissen Quellen finden sich weit bedeutendere Quantitäten, die beim Erkalten und Verdampfen abgesetzt werden, wie wir dies von verschiedenen Quellen schon anführten. An einzelnen Orten, wie namentlich in Gruben, hat man auch beobachtet, dass Kieselerde beim Verdunsten des Wassers abgesetzt wurde.

§. 1361. So weit die Beobachtungen jetzt reichen, kennt man die Bildung von krystallisirter Kieselerde, von Quarz, nur aus wässerigen Auflösungen, niemals aber aus feuerflüssigen Massen, und man darf daraus vielleicht den Schluss entnehmen, dass alle krystallinische Kieselerde durch Wasser erst in den krystallinischen Zustand versetzt worden sei. Das Vorkommen von Quarzkrystallen in Gesteinen, welche niemals einer feuerigen Wirkung unterworfen waren, wie z. B. in den Süsswassergypsen, Kieselkalken und Mühlsteinquarzen der Pariser Tertiärformation; die Auskleidung der Luftkammern von Ammoniten auf ihrer innern Seite mit Quarzkrystallen; das Vorkommen von Quarzkrystallen in versteinertem Holze und die Entstehung derselben aus Auflösungen in Wasser beweisen hinlänglich die Bildung der Kieselkrystalle auf nassem Wege.

Bei Weitem der grösste Theil der Kieselerde, welche aus den verschiedenen Gesteinen weggeführt wird, setzt sich während des Laufes derselben nicht ab, sondern gelangt bis in das Meer, wo dieselbe theils durch organische Thätigkeit, wie schon bemerkt, theils auf andere Weise fixirt wird und wo als Endpunkte der ganzen Reihe kieseliger Bildungen einerseits Bergkrystalle und andererseits Opal, jener als vollkommen krystallisirte, dieser als vollkommen amorphe Kieselerde sich hinstellt. Die dem Bergkrystall nahe stehenden Mineralien, wie Quarz und Amethyst, aber auch Chalcedon, Achat, Jaspis, Hornstein und Feuerstein haben ein bedeutenderes specifisches Gewicht (2,6) als der Opal (2,3), der offenbar eine erstarrte Kieselgallerte ist, die sich unmittelbar in gallertartiger Form aus den Gewässern abgesetzt hat,

viel Wasser enthält und von Alkalien ausserordentlich leicht aufgelöst wird. Geschmolzener Bergkrystall hat etwa dasselbe specifische Gewicht wie Opal.

Diese Entstehungsweise giebt schon den Schlüssel zu manchem Vorkommen der Kieselerde, das sonst unerklärlich wäre. Bei dem Gehalte der Gewässer an verschiedenen Basen, wie Kalk, Kali, Natron und Magnesia, ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Kieselerde stets in Form eines Silicates in dem Wasser aufgelöst sei. Viele dieser Silicate sind aber so unhaltbar, dass sogar ohne Einwirkung irgend eines Reagens sie sich zersetzen und einen Theil ihrer Kieselsäure ausscheiden. Besonders aber wird der Absatz der Kieselerde begünstigt durch die Wirkung der Organismen, nicht nur derjenigen mikroskopischen Pflänzchen, welche sich mit Kieselpanzern umgeben, sondern namentlich auch durch faulende organische Substanzen, von denen man schon längst bemerkt hatte, dass sie eine besondere Anziehung für die Kieselerde zeigen. Das kohlensaure Ammoniak, welches sich bei dem Faulen der organischen Substanzen bildet, schlägt die Kieselerde aus ihren Verbindungen nieder und scheint somit wesentlich der Grund zu dem Umsatze der organischen Substanz in Kieselerde zu sein. §. 1362.

Die Ausscheidung der Kieselerde in krystallinischer oder amorpher Gestalt aus wässerigen Lösungen und ihr Verhalten, je nachdem sie geschmolzen oder krystallisirt ist, giebt zu einer der bedeutendsten Streitfragen zwischen Geologie und Chemie Veranlassung. Wir haben schon bei Beschreibung des Granites auf diejenigen Theorien aufmerksam gemacht, durch welche man die Strengflüssigkeit der Kieselerde mit der Erscheinung in Einklang zu bringen suchte, dass in dem Gemenge der Mineralien, aus welchen der Granit besteht, gerade das strengflüssigste, der Quarz, offenbar das am letzten ausgeschiedene Mineral ist, das von anderen Eindrücke aufgenommen hat. Man berief sich darauf, dass die erstarrende Kieselerde noch lange unter ihrem Erstarrungspunkte einen gewissen Zustand der Weichheit und Biegsamkeit behalte, so dass selbst die später herauskrystallisirenden Mineralien in diesem weichen Kieselerdeteig Eindrücke hinterlassen konnten. In der That haben Versuche gelehrt, dass bei manchen Körpern diese Weichheit noch lange anhält. Ein Glasfluss aus gewöhnlichem Glase und kohlensaurem Kali, der in der Rothglühhitze bei 800° Réaumur schmolz, wurde in einem Tiegel über Wismuth geschmolzen, welches etwa bei 200° schmilzt, und das beim Erstarren eine sehr höckerige Oberfläche bildet. Trotzdem dass die Differenz der Schmelzpunkte zwischen dem Wismuth und dem Glasflusse etwa 600° R. betrug, so zeigte dennoch der Glasfluss auf seiner Unterfläche alle Erhöhungen und Vertiefungen des Metalls abgeformt, ein Beweis, dass er selbst bei 200° noch weich genug war, um die Eindrücke des erstarrenden Metalles

annehmen zu können. Man machte ferner darauf aufmerksam, dass durch die Gegenwart von überhitztem Wasser der Schmelzpunkt der Kieselerde noch bedeutend herabgedrückt werde, und die Combination beider Ansichten schien genügende Erklärungsweise für die Bildung des Granits auf feuerflüssigem Wege zu liefern.

§. 1363. Mit Entschiedenheit erklärten sich hiergegen viele Chemiker von bedeutendem Gewichte, welche auf die früher angeführten wässerigen Entstehungsweisen des Quarzes aufmerksam machten. In der Lava, sagten sie, hat man noch nie einen Quarz gefunden, von dem man vermuthen könnte, er habe sich während der Abkühlung und Erstarrung ausgeschieden. Man wird wenige Granite finden, deren graulichweisse, rauchgraue oder röthliche Quarze nicht vor dem Löthrohre gebleicht werden, welche demnach nicht in bedeutender Hitze gewesen sein können. Man findet ferner eine Menge von Mineralien mit und zwischen Quarz, welche mit grosser Leichtigkeit in der Hitze mit ihm zusammenschmelzen und ein mehr oder minder leichtflüssiges Silicat bilden. Man findet feine Drähte von gediegenem Gold und Silber, die so leichtflüssig sind und auf denen dennoch strengflüssige Quarzkrystalle sitzen, man findet selbst organische flüchtige Substanzen, wie Erdpech und Naphta, in den Quarzmassen. Der Quarz der Granite ist seines hohen specifischen Gewichtes wegen nie geschmolzen gewesen. Wir stellen demnach die den Geologen gerade entgegengesetzte Behauptung auf, dass noch nie der kleinste Quarzkrystall auf pyrochemischem Wege entstanden ist, sondern aller Quarz auf Erden aus wässeriger Lösung abgeschieden wurde, somit auch der Granit und der Porphyr wässerigen Ursprunges sind. Wir haben schon oben bei Gelegenheit der Granite diese Fragen behandelt, weisen also darauf zurück.

§. 1364. Von besonderem Interesse für geologische Umwandlungen ist noch das Verhalten der Silicate sowohl unter einander als auch mit anderen Salzen, da die meisten Gesteine nicht nur reine Kieselerde, sondern auch eine Menge verschiedenartig zusammengesetzter Silicate enthalten, die theilweise durch Wasser, namentlich bei hoher Temperatur, theilweise durch Säuren und Salze zersetzt und aufgelöst werden können. Einfache Silicate kommen indess in der Natur nur selten vor, sondern meistens Gemenge, in welchen Kali und Natron, Thonerde und Magnesia in verschiedenen Proportionen wechseln. Nichtsdestoweniger liefern die Reactionen der einfachen Silicate den Schlüssel zu den meisten Umwandlungen der Mineralien. Im Allgemeinen zeigen sich dieselben Verhältnisse der Basen in ihren Beziehungen zu der Kieselsäure wie in übrigen chemischen Reactionen. Kieselsaures Alkali wird bei gewöhnlicher Temperatur durch kohlensauren Kalk in kohlensaures Alkali, kieselsauren Kalk und Kieselerde zersetzt, welche

sich, je nachdem der Process langsam oder schnell vor sich geht, im amorphen oder krystallinischen Zustande absetzt. Im siedenden Wasser dagegen wird schon der kohlensaure Kalk, wie wir schon oben hemerkten, und ebenso die verschiedenen anderen kohlensauren Kalke durch Kieselerde zersetzt. Kalisilicat, mit Kochsalz zusammengebracht, zersetzt sich gegenseitig in Chlorkalinm und kieselsanres Natron. Kohlensaure Alkalien zersetzen den kieselsauren Kalk, indem sie kieselsanres Alkali und kohlensauren Kalk bilden, eine Reaction, die sich hei höherer Temperatur umkehrt. Deshalh findet man denn anch nur in Ausnahmefällen Kalksilicate, welche anf nassem Wege gehildet worden wären, während im Gegentheile die Kali-, Magnesia- nnd Eisenoxydulsilicate wohl nur anf nassem Wege gebildet sind. Magnesiasilicate gehören zu den am weitesten verbreiteten Bestandtheilen der Gewässer, und deshalh ist auch die Umwandlung der Mineralien in Speckstein oder kieselsaure Magnesia eine der häufigsten Metamorphosen, die wir im Mineralreiche antreffen.

Eisenoxydsilicate kommen ebenfalls häufig vor und finden sich in vielen Gewässern, so dass ihre Fortführung in dieser Gestalt nichts Ueberraschendes haben kann, ja es scheint, als hildeten sich dieselhen sogar ans Gesteinen hervor, welche ursprünglich nur zerkleinerte Kieselerde enthalten. So scheint es, als gehe in der Bildung des Thonschiefers, der sicherlich seiner grossen Masse nach nur ein Absatz angeschlämmten fein zertheilten Gesteines ist, eine allmälige Umwandlung in der Weise vor, dass Eisen, Kalk und Magnesia sich nach und nach mit der freien Kieselerde zu Silicaten verbinden und so vielleicht die Umwandlung in krystallinische Schiefer bewirkt wird.

Die Zersetzung der Silicate auf der Oberfläche der Erde geschieht meistens nnter Dazwischenkunft von Kohlensänre, welche hei gewöhnlicher Temperatnr die Kieselerde verdrängt und aus ihren Verbindungen ausscheidet. Es kann demnach nicht verwundern, wenn überall freie Kieselerde in den Gewässern circulirt und wenn Absätze dieser abgeschiedenen Kieselsäure beim Durchsickern des Wassers häufig vorkommen. §. 1365.

Die Zersetzung vieler Silicate anf der Oberfläche der Erde wird noch besonders durch den Vegetationsprocess begünstigt. Viele Pflanzen, ja wohl die meisten, zeigen in ihrer Asche Kieselerde. Bei vielen ist diese Kieselerde eine nothwendige Bedingung ihrer Vegetation, so gut wie der phosphorsaure Kalk eine nothwendige Bedingung für das Leben der Knochenthiere ist. Die Asche von Heu nnd Stroh enthält mehr als 2 Proc. Kieselsäure, welche Quantität nothwendig dem Erdboden entzogen worden nnd durch Zersetzung der Silicate in den verwitterten Gesteinen erzeugt sein mnss. Wächst nun auf einem Quadratmeter Wiesenfläche durchschnittlich ein Pfund Heu im Jahre, so

wird einer solchen Fläche $^1/_{50}$ Pfund Kieselsäure jährlich entzogen, die Vegetation nimmt also in 50 Jahren etwa 1 Pfund Kieselerde von jedem Quadratmeter Wiesen- oder Ackerboden hinweg. Setzt sich diese Kieselerde, statt in Heu oder Stroh fixirt zu werden, in Form eines Quarzlagers ab, so wird in Zeit von 78705 Jahren ein Quarzlager von der Mächtigkeit eines Fusses gebildet werden. Bedenken wir nun, dass dieser Zeitraum ein ausserordentlich kurzer für geologische Perioden ist, und dass bei der Umwandlung der Gesteine eine weit grössere Quantität von Material eingesetzt und in andere Gestalt gebracht wird, als bei der einfachen Ablagerung von Quarzmassen, so wird man zugestehen müssen, dass einzig die Verwitterung der Silicate an der Oberfläche der Erde eine hinlängliche Masse von Stoff liefern kann, um Umwandlungen gewaltiger Gebirgsmassen zu bedingen.

§. 1366. Schon früher wurde bemerkt, dass kohlensaurer Kalk in allen Gewässern vorkommt und dass er sich aus den fliessenden Wassern meist durch Verdunstung sowie durch Verlust der überschüssigen auflösenden Kohlensäure in Form von kohlensaurem Kalksinter niederschlägt; zugleich wurde angeführt, dass diese Sinterbildungen eine gewisse Regelmässigkeit in ihrem Absatze behaupten, indem dann, wenn die Gewässer mehre kohlensaure Salze enthalten, diese sich im Verhältniss ihrer Löslichkeit absetzen, so dass z. B. aus einem und demselben Wasser zuerst Kalksinter mit vielem Eisenoxyd, das durch den Sauerstoff der Luft aus Eisenoxydul entstanden und dadurch unlöslich geworden ist, niederfällt, dann reiner Kalksinter und endlich mit Magnesia gemischter kohlensaurer Kalk. Im Verhältniss zu der Erdkruste zeigen indess die Sinterbildungen nur eine geringe Ausbreitung, während die Absätze in dem Meere gewaltige Massen und ganze Gebirge bilden. Auch in dieser Beziehung wurde schon bemerkt, dass die freie Kohlensäure im Meere hinreicht, mehr als den Kalkgehalt, der darin befindlich ist, aufzulösen, und dass demnach, einige specielle Stellen ausgenommen, wo besonders grosse Quantitäten dieses Salzes eingeführt werden, kein Absatz in dem Meere entstehen könnte, wenn nicht thierische und pflanzliche Körper durch die specielle Affinität ihrer organischen Substanz die Ausscheidung zu Stande brächten. Ganz dieselbe Thätigkeit wird von den im Süsswasser lebenden Schalthieren entwickelt. Die Erhaltung der Absätze von kohlensaurem Kalke ist ebenfalls einzig und allein dem Schutze zuzuschreiben, welchen das organische Substrat der Muschelschalen und Korallenstöcke dem kohlensauren Kalke gegen die Auflösung durch die freie Kohlensäure des Meeres verleiht. Man braucht nur Austernschalen mit verdünnter Säure zu behandeln, um zu sehen, dass die Auflösung nur ungemein langsam vor sich geht und dass stets ein

organisches Gewebe zurückbleibt, welches gewissermassen in der Schale den Einschlag bildet, zwischen dem sich der kohlensaure Kalk abgesetzt hat. Diese organische Substanz erhält sich namentlich auf dem Grunde des Meeres, fern von dem Sauerstoff der Luft, ungemein lange, und indem sie den kohlensauren Kalk gegen die Auflösung schützt, bedingt sie zugleich die Möglichkeit der Versteinerungen. Muscheln, die in freier Luft an dem Strande liegen, werden schnell zersetzt, indem die organische Substanz fault. Mit der Länge der Zeit geht derselbe Process in den Gesteinen vor sich und der kohlensaure Kalk wird dann ebenfalls durch die eindringenden Gewässer aufgelöst, so dass zuletzt in den festen Gesteinen nur sein Abdruck übrig bleibt. Man bemerkt diese Wirkung hauptsächlich in solchen Gesteinen, welche, wie kieselige Sandsteine, Grauwacken u. s. w., keinen Kalk enthalten, so dass das Sickerwasser noch ungesättigt zu den organischen Resten gelangt, während in Kalkgebirgen, wo alle Sickerwasser vollständig gesättigt sind und bei der geringsten Verdunstung Kalk fallen lassen, die Poren der Muschelschale im Gegentheil durch neuen Absatz ausgefüllt werden. Der alte Satz *omnis calx ex vivo* findet demnach in diesen Untersuchungen seine volle Bestätigung.

Die körnigen zuckerigen Kalke, welche eine gewisse Krystallisation zeigen und häufig aus vollständig gebildeten Kalkspathkrystallen zusammengesetzt sind, haben besonders deshalb manchen Streit angeregt, weil sie sich meistens inmitten metamorphischer Gesteine befinden und zuweilen Gangspalten in solcher Weise ausfüllen, dass man oft noch bis in die neueste Zeit an eine feuerflüssige Entstehung derselben dachte, um so mehr, als ältere Versuche wie neuere industrielle Unternehmungen beweisen, dass der kohlensaure Kalk, der durch Glühen seine Kohlensäure verliert, unter einem Drucke von wenigen Atmosphären geglüht, ja selbst geschmolzen werden kann, ohne eine Veränderung in seinem Kohlensäuregehalte zu erleiden. Wir haben vielfache Beobachtungen oben angeführt, aus denen hervorgeht, dass in der Nähe von krystallinischen Massengesteinen der kohlensaure Kalk bis in gewisse Entfernungen hin in körnig krystallinischen umgewandelt war. Die Kalkmassen, welche man als Auswürflinge vom Vesuve kennt, verhalten sich vollkommen so wie gebrannter Kalk, der an der Luft auch wieder eine gewisse Menge Kohlensäure an sich zieht. Offenbar kann aber an eine unmittelbare Umwandlung des kohlensauren Kalkes durch Glühhitze an solchen Stellen nicht gedacht werden, wo die Verhältnisse nicht überzeugend darthun, dass ein bedeutender Druck auf dem metamorphosirten Kalke lastete. Da überdies an vielen Orten, ja selbst in Sintermassen, welche sich an den Dornen der Gradirwerke aus Salzsoolen absetzen, körniger Kalk unmittelbar aus dem Wasser gebildet wird, so dürfte die Wage sich wohl zu Gunsten §. 1367.

derjenigen neigen, welche behaupten, dass aller krystallinisch körnige Kalk nur durch Absatz aus durchsickernden Wassern entstanden sei. Bedenken muss man hierbei, dass auch die gewaltige Zerspaltung und Zersplitterung der gehobenen Gebirgsschichten dem metamorphosirenden Einflusse des Wassers einen bedeutenden Spielraum öffnen müssen. Wenn man in den vielfach zersplitterten Kalkschichten des schweizerischen Jura kaum einen Cubikfuss Masse finden kann, der nicht von feineren oder gröberen Rissen durchzogen wäre, die nachträglich wieder durch Kalkspath ausgefüllt sind, so ist es einleuchtend, dass bei solchen Gebirgen, wo die Zersplitterung noch viel weiter gegangen ist (und dies ist meistens bei den metamorphischen Höfen der Gebirgskerne der Fall), die Einwirkung der Gewässer einen noch weit grösseren Spielraum gehabt haben muss, und dass ganze weite Strecken, die auf diese Weise bis in ihre kleinsten Theilchen zugänglich waren, nach und nach durch die einsickernden Wasser gewissermaassen umkrystallisirt werden konnten. Es können diese Umwandlungen selbst bedeutender Gebirgsglieder um so weniger befremden, als schon die vorhergehenden Betrachtungen zeigen, welche ungeheure Massen kohlensauren Kalkes von den Gewässern fortgeführt werden können, zumal da dasselbe Gewässer successiv sich mit Kalk beladen, denselben absetzen und sich aufs Neue wieder beladen kann. Die einfache Beobachtung der Höhlenräume in Kalkgebirgen lehrt auch schon, in welch gewaltigem Maassstabe die Fortführung des kohlensauren Kalkes auf und unter der Erdoberfläche stattfindet.

§. 1368. Da die kohlensaure Magnesia bei Weitem löslicher ist im Wasser, als der kohlensaure Kalk, so wird sie auch bei Weitem mehr weggeführt, und Absätze von ihr sind verhältnissmässig selten, so dass man wohl sagen kann, dass die kohlensaure Magnesia aller Quellen und Gewässer, mit geringen Ausnahmen, bis in das Meer gelangt. Ueberhaupt giebt es keine Substanz, welche so häufig den Ort wechselt und von welcher man, wenn man nur die einfachen Absätze betrachtet, weniger sagen kann, in welcher Art sie wieder fixirt wird. Berechnet man aus dem Gehalte des Rheinwassers die Menge kohlensaurer Magnesia, welche jährlich in das Meer geführt wird, so beträgt diese allein für den Rhein 4621956 Pfund. Nun befindet sich zwar im Meerwasser eine ziemlich bedeutende Quantität Magnesia in Form von Chlormagnesium und schwefelsaurer Bittererde, die aber durchaus nicht im Verhältnisse steht zu dieser ungeheuren Zufuhr, um so mehr, da durch die organische Thätigkeit nur sehr wenig von dieser Erde fixirt wird und demnach kein solcher Verbrauch bei der Magnesia eintritt, wie bei dem kohlensauren Kalk. Es ist demnach wahrscheinlich, dass die Magnesia wesentlich zur Bildung talkhaltiger Mineralien und namentlich zur Bildung von Magnesiasilicaten verbraucht wird, welche sehr weit verbreitet sind und deren ungemeine Verbrei-

tung nicht mehr auffallen kann; wenn man bedenkt, dass die von dem Rhein ausgeführte Magnesia, wenn sie sich mit Kieselerde zu Speckstein verbände, in einem Jahre eine Schicht von 3882 Fuss Länge und Breite und einem Fuss Dicke bilden würde. Es wird aus diesem Verhältnisse begreiflich, wie namentlich die Umsetzungen krystallinischer silicathaltiger Gesteine so ausserordentlich häufig durch die Ausbildung von Talk, Glimmer und ähnlichen magnesiahaltigen Silicaten sich kund geben, und wie der Speckstein eine derjenigen Substanzen ist, welche die häufigsten Pseudomorphosen des Mineralreichs hervorbringt. Einen anderen wichtigen Umstand werden wir noch weitläufiger bei der Dolomitbildung behandeln. Er besteht in der Neigung der Magnesia, mit kohlensaurem Kalke ein Doppelsalz zu bilden, welches eben den Dolomit zusammensetzt und das in seiner krystallinischen Gestalt weit unlöslicher ist, als seine Bestandtheile für sich allein, und von schwachen Säuren nur mit Mühe angegriffen wird.

Das Eisen, welches in den meisten Gewässern, in einigen aber §. 1369.
in bedeutender Quantität vorkommt, ist in denselben in der Form von kohlensaurem Eisenoxydul aufgelöst und scheint fast überall aus zersetzten Silicaten herzurühren. Sein Absatz beruht meistens auf der Oxydation, wobei es seine Kohlensäure fahren lässt, oder auf der Verbindung mit Kieselerde zu verschiedenen Silicaten. Besonders auffallend ist der Kreislauf, den die organische Natur und besonders die Pflanzen in den Verhältnissen des Eisens bewirken. Aus Steinen und Erden, welche Eisenoxyd enthalten, wird dasselbe hauptsächlich dadurch entfernt, dass die Fäulniss der organischen Substanzen dem Eisen einen Theil seines Sauerstoffes entzieht und es dadurch in dem atmosphärischen Wasser auflöslich macht. Indem man die Bildung der Raseneisensteine verfolgte, fand man, dass überall in der Nähe der Pflanzenwurzeln das Eisen aus den Gesteinen ausgelaugt und fortgeführt worden war; und auf den Gewässern der Moore kann man sich überall von dem Eisengehalte durch den irisirenden Ueberzug vergewissern, der aus Eisenoxyd gebildet ist, welches durch den Sauerstoff der Luft allmälig aus dem Wasser niedergeschlagen wird. So wird denn von dem durch die Vegetation auflöslich gemachten Eisenoxydul ein Theil wieder an der Luft als Oxyd niedergeschlagen, während ein anderer Theil in die Erde sickert und dadurch zu Umwandlungsprocessen der Silicate Veranlassung giebt. Hiermit ist indess die Rolle der Vegetation noch nicht beschränkt. Ueberall, wo organische Substanzen mit aufgelösten schwefelsauren Salzen und aufgelösten Eisensalzen zusammenkommen, zersetzt sich die organische Substanz nach und nach auf Kosten der Schwefelsäure und des Eisens, so dass nun Schwefeleisen, sogenannter Schwefelkies oder Eisenkies, gebildet wird. Aus den Analysen der Asche vom Buchenholze geht hervor, dass das in einem

Buchenholzstamm von 20 Cnhikfuss Inhalt existirende schwefelsanre Eisenoxyd hinreichen würde, um 130 Gran Eisenkies zn liefern, und hei Tannen würde sich dies Verhältniss auf das Zehnfache steigern. In der Asche der Seegräser nnd Fncusarten findet sich eine ungemein grosse Quantität schwefelsaurer Salze und bei der Zersetzung derselben wird, wenn eisenhaltige Stoffe in der Nähe sind, wie z. B. eisenhaltige Thone, eine ungemeine Quantität von Schwefelkies gehildet. So hat man an der westlichen Küste der Insel Bornholm beohachtet, dass an einer Stelle, wo eine eisenhaltige Quelle sich in eine kleine Bucht ergiesst, deren Ufer von Tangen überwachsen sind, alle Geschiehe, ja selhst Stücke von Ziegelsteinen eine schöne gelhe Rinde von Eisenkies zeigen. Eisenkies wird sonach stets gehildet, wo in Fäulniss übergegangene Seegräser mit eisenhaltigem Thon in Berührung kommen. Dieser Eisenkies dnrchdringt den Thon nnd bildet heim Verwittern zuerst schwefelsaures Eisenoxydul; ist kein Kalk zngegen, so geht er zuletzt in schwefelsanre Thonerde über. Wirkt dagegen kohlensaurer Kalk auf das schwefelsanre Eisenoxyd ein, so hildet sich nach nnd nach Gyps. Ganz ähnliche Verhältnisse finden bei dem Faulen thierischer Körper Statt, und es wird daraus erklärlich, wie man so hänfig die Versteinerungen hesonders in thonigen und mergeligen Gesteinen mit Eisenkies überzogen findet. Die organische Substanz ist demnach während ihres Zersetzungsprocesses, je nach der Zusammensetzung der nmgehenden Gewässer, Fixationsmittel hald für den Eisenkies, bald für die Kieselerde, und man findet in diesem Verhältnisse die Erklärnng, warum hier die Fossilien von Feuersteinen, dort von Eisenerzknollen nmgeben sind.

§. 1370. In geologischer Beziehnng sind es besonders die ans mehren Basen zusammengesetzten Mineralien, welche einer besonderen Aufmerksamkeit werth sind; namentlich sind es die zusammengesetzten Silicate, welche durch ihr häufiges Vorkommen eine besonders wichtige Rolle spielen, und die anch ansserdem noch hauptsächlich die krystallinischen Mineralien znsammensetzen, deren Umwandlungsprocesse vor allen Dingen in das Auge gefasst werden müssen. Für viele Umwandlnngsprocesse hat indessen die Natnr selhst ein Mittel der Erklärung an die Hand gegeben durch die Herstellung der Pseudomorphosen, auf welche man erst in nenerer Zeit hesonders aufmerksam geworden ist. Im Allgemeinen kann man die pseudomorphischen Mineralien als solche hezeichnen, wo Mineralstoffe in anderen Formen erscheinen, als die ihnen natürlicher Weise zukommen, indem diese Mineralsubstanzen an die Stelle anderer getreten sind, welche vorher da waren, und deren Form sie hei der allmäligen Ersetznng angenommen haben. Man hat versucht, die Psendomorphosen des Mineralreiches in mehre Abtheilnngen zn bringen, indem man Umwandlnngs-Pseudomorphosen

durch Verlust, Aufnahme oder Austausch von Bestandtheilen, und Verdrängungs-Pseudomorphosen durch Umhüllung oder Ersetzung unterschied. Es ist indessen unmöglich, in den einzelnen Fällen diese Unterscheidung festzuhalten. Im Ganzen genommen sind die chemischen Processe, welche die Umwandlung der Mineralien dem theilweisen oder gänzlichen Ersatz ihrer Bestandtheile durch andere Stoffe bedingen, Processe von äusserst langer Dauer, in welchen die einzelnen Stadien so in einander übergehen, dass es gerade vom Zufalle abhängt, welchen dieser Augenblicke der Beobachter zur Analyse erhält.

Die pseudomorphischen Processe sind mit künstlichen chemischen Processen zu vergleichen, wo Flüssigkeiten auf feste und zwar auf unoder schwer-lösliche Substanzen wirken. §. 1371.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Verlust von Bestandtheilen sind mit der Zersetzung schwerlöslicher Salze durch Basen, z. B. mit der Zersetzung der basisch-schwefelsauren Thonerde durch ein Alkali zu vergleichen. Die Thonerde scheidet sich aus, die Schwefelsäure wird vom Alkali als schwefelsaures Salz fortgeführt. Ein ähnlicher Process würde auch in der Natur vor sich gehen, wenn Wasser, kohlensaures Natron enthaltend, über basisch-schwefelsaure Thonerde flösse. Ein zweites Beispiel bietet die Zersetzung mancher Silicate durch eine Auflösung eines kohlensauren Alkali dar.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Aufnahme von Bestandtheilen finden eine Analogie in der Umwandlung der Schwefelmetalle in schwefelsaure Salze, wie z. B. des Eisenkieses in Eisenvitriol auf den Vitriolhühnen. Der Sauerstoff der Luft und in den Meteorwassern, welche auf die Kiese fallen, wird aufgenommen und dadurch die Umwandlung bewirkt.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Austausch von Bestandtheilen sind zu vergleichen mit den Zersetzungen schwerlöslicher Salze durch lösliche, wie z. B. des schwefelsauren Baryts oder schwefelsauren Kalks durch eine Lösung eines kohlensauren Alkali. Die Schwefelsäure des einen Salzes geht in Verbindung mit dem Alkali des löslichen Salzes fort, die Erde bleibt, mit der Kohlensäure verbunden, als schwerlösliches Salz zurück.

Die Verdrängungs-Pseudomorphosen gleichen der Zersetzung der metallischen Salze durch Metalle, den sogenannten Metall-Vegetationen. Die in eine Lösung eines Bleisalzes getauchte Zinkstange wird nach und nach durch das Blei verdrängt. Wenn man, statt die Zinkstange in die Bleiauflösung zu hängen, wie es bei der Darstellung des Bleibaumes geschieht, umgekehrt die Auflösung über das Zink leitete: so würde das Zink fortgeführt werden und Blei an seine Stelle treten. Ein anderes Beispiel einer Verdrängungs-Pseudomorphose bietet die Zersetzung verschiedener Metallsalze, wie z. B. des Eisenoxydsalzes

durch kohlensauren Kalk dar. Der letztere verschwindet und das Metalloxydhydrat des zersetzten Metallsalzes tritt an seine Stelle.

§. 1372. Der Unterschied zwischen diesen Zersetzungsprocessen und denjenigen im Laboratorium besteht nur darin, dass letztere meist in kurzer Zeit und gewöhnlich augenblicklich erfolgen, während sie in der Natnr wegen der geringen Quautitäten der in den Gewässern aufgelösten Stoffe, wegen der grossen Schwerlöslichkeit der Mineralien und derjenigen Substanzen, dic aus einem in der Pseudomorphose begriffenen Fossile ausgeschieden werden, und wegen der Verdünnung der vermittelnden Flüssigkeiten ausserordentlich langsam von statten gehen. Es unterliegt jetzt wohl keinem Zweifel, dass alle diese Umwandlungen einzig nnd allein durch das Wasser vermittelt werden, und indem sie sich in ihrer Vollendung als Endpunkte einer Reihe von chemischen Processen darstellen, liefern sie die wichtigsten Fingerzeige für die Art und Weise, wie die einzelnen Mineralstoffe durch Gewässer fortgeführt, zersetzt nnd umgewandelt werden. In langen Zeiträumen, mit geringen Mitteln stellt die Natnr hier gleichsam diejenigen Versuche her, zu deren Vollendung ein Menschenleben nicht ausreichen würde, und giebt uns so die Mittel in die Hand, Processe zu verfolgen, deren Geringfügigkeit sie unserm Ange gänzlich entziehen würde, wenn nicht die Summirung ihrer Resultate ein bedeutendes Resultat gäbe. Es würde unmöglich sein, der Betrachtnng der Pseudomorphosen, die in der Hand der Chemiker so wichtig werden kann, hier bis in das Einzelne nachzngehen, nnd eben so unmöglich, die einzelnen Mineralien in ihrer Umwandlung zu verfolgen. Wir beschäftigen uns hier nur mit einigen, die durch ihr häufiges Vorkommen eine besondere Rolle spielen.

§. 1373. Die verschiedenen Feldspatharten, welche die Mineralogen unterscheiden, sind alle Doppelsilicate von Alkalien mit Thonerde, oft auch mit Kalk und Eisen. Sie bilden die wesentlichsten Massen der Granite, Porphyre und Gneisse, und ihre fenerflüssige Entstehnng wurde bisher um so weniger angezweifelt, als man in einem Hochofen zu Sangerhausen in der That echte Feldspathkrystalle neu gebildet gefunden hatte nnd bis in die neueste Zeit nur Andentungen, nicht aber Gewissheit über Bildnng von Feldspath auf nassem Wege hatte. Indessen nnterliegt es jetzt keinem Zweifel, dass wirkliche Feldspathe sich in Höhlen von Trappgesteinen als Pseudomorphose nach Lanmontit gebildet haben, also nach einem Zeolithen, der ohne Zweifel auf nassem Wege dnrch Zersetzung entstanden ist. Der auf nassem Wege neu gebildete Feldspath entspricht vollkommen dem Orthoklas des Granites, und kann von demselben weder durch Krystallform, noch durch Zusammensetzung unterschieden werden. Es kann die Möglichkeit dieser

Bildung um so weniger bezweifelt werden, als der Feldspath, wenn auch nur wenig, im Wasser löslich ist, im Papin'schen Topfe aber sich so auffallend zersetzt, dass die Producte dieser Zersetzung nach kurzer Zeit durch chemische Reaction nachgewiesen werden können. Die Zersetzung der Feldspathgesteine und ihre Verwitterung beginnt in der Regel mit der Oxydation des Eisenoxyduls, welches die meisten enthalten. Die Krystalle werden fleischfarbig, nach und nach setzt sich der Ocker sogar in den Spalten ab und die Feldspathe zerklüften sich endlich so, dass man einzelne Krystalle loslösen kann. Indem nun die kohlensauren Sickerwasser eindringen, wird der Feldspath allmälig unter ihrer Einwirkung in ein lösliches Kalisilicat, dem Wasserglas ähnlich, und ein unlösliches Thonerdesilicat zersetzt, wobei zugleich überschüssige Kieselerde ausgeschieden wird. Man sieht, dass auf diese Weise, da das lösliche Kalisilicat von den Gewässern fortgeführt wird, durch die Zersetzung des Feldspathes grosse Quantitäten von Alkalien und Kieselerde in die Sickerwasser übergeführt und durch diese anderweitig abgesetzt werden können. Die Cämentirung der Puddinge und Sandsteine, und die Durchdringung mancher anderer Gesteine in der Umgebung zersetzter Granite und Porphyre durch Kieselerde wird durch diesen Verwitterungsprocess des Feldspathes anschaulich gemacht. Wir haben schon früher gesehen, dass als unlösliches Endresultat dieses Processes der Kaolin oder Porcellanthon zurückbleibt, an welchen sich in mehr oder minder gemengtem Zustande die mannigfaltigen thonerdeartigen Substanzen anschliessen, von denen man im Allgemeinen behaupten kann, dass sie sämmtlich Resultate analoger Zersetzungsprocesse zusammengesetzter Silicate sind.

In einer Eisensteingrube bei Arendal in Norwegen hat man eine §. 1374.
Zersetzungsweise des Feldspathes beobachtet, welche vieles Licht auf die Umwandlungsprocesse im Innern der Gesteinsmassen wirft. Eine Grubenwand, welche Wasser durchsickern lässt, die etwa 600 Fuss tief sinken, ist fast nur aus Feldspath gebildet, hinter welchem eine Art Porphyr sich findet, der viele Magnesia enthält und offenbar durch die Sickerwasser, welche von ihm aus in den Feldspath dringen, zersetzt ist. Der Feldspath selbst ist sehr verändert, theils zu einer kaolinartigen, theils zu einer specksteinähnlichen Masse, und auf seiner Oberfläche sowie in seinen Spalten zeigt sich ein neu gebildetes Mineral, welches hauptsächlich aus einem Magnesiasilicate besteht, zu welchem noch Thonerde und Eisen kommen. Offenbar haben hier die mit Magnesiasilicat beladenen Gewässer den Feldspath nach und nach zersetzt und seine Stelle eingenommen, und bei unendlich langer Fortdauer des Processes würde nach und nach die ganze Grube mit Magnesia-Silicat ausgefüllt werden und der Feldspath gänzlich verloren gehen. Da man nun gerade Magnesiasilicate, wie Speckstein, Talk,

Chlorit, als Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Feldspath kennt, so hat man hier in Arendal den Process noch jetzt in voller Thätigkeit belauschen können, durch welchen die Umsetznng bewirkt wird. Vergessen dürfen wir auch nicht, dass nichts häufiger ist, als der Uebergang granitischer und gneissiger Gesteine in talk- und magnesiahaltige, und dass diese Uebergänge sich da besonders hänfig beobachten lassen, wo in den Centralkernen selbst solche Gesteine vorkommen, die viel Magnesia enthalten, wie z. B. in der Umgebnng der Kette des Monte Rosa, wo mit dem Auftreten der Serpentingesteine im Centralkerne zngleich weit ansgedehnte Massen schiefriger Talkgesteine verbunden sind. Häufig scheint auch die Umwandlung von Feldspath in Glimmer, der sich in höchst feinen Schüppchen überall in die Feldspathkrystalle eindrängt und dieselben bedeckt. Bei dieser Umwandlung wird zugleich Quarz ausgeschieden, nnd vielleicht dürfte es sich daraus erklären, dass im Allgemeinen bei Zunahme des Glimmers in granitischen Gesteinen der Quarz überhand nimmt und der Feldspath mehr zurücksinkt.

§. 1375. Die Gegenwart von Feldspathkrystallen in Gesteinen wnrde bis zu der Zeit, da man keine Beweise seiner Bildnng auf nassem Wege hatte, als ein Hauptgrnnd für die Entstehung der Gesteine auf feuerflüssigem Wege angesehen. Jetzt häufen sich immer mehr Thatsachen, welche beweisen, dass diese Ansicht nicht kann festgehalten werden, nnd die Auffindung einer Versteinerung des Schwanzschildes eines Homalonotus in ächtem, schiefrigem Porphyr, der vollkommen ausgebildete Feldspathkrystalle enthält, dürfte wohl darauf hinzeigen, dass da, wo die Lagerungsverhältnisse nicht peremtorisch auf feuerflüssige Entstehung deuten, auch eine neptnnische angenommen werden müsse; jedenfalls aber der meiste Feldspath auf nassem Wege gebildet worden ist.

§. 1376. Der **Augit** oder **Pyroxen** ist dasjenige Mineral, welches am unzweifelhaftesten feuerflüssiger Entstehung ist, da es überall in Basalten, Doleriten, Melaphyren nnd Laven vorkommt, ja sogar auch lose als Krystalle von manchen Vulcanen ausgeworfen wird. Obschon er von Säuren in der Wärme kaum angegriffen wird, so ist er doch leicht zersetzlich, und in der That findet man eine Menge von Mineralien, welche sich augenscheinlich dnrch Umwandlnng des Augites gebildet haben. Unter diesen Pseudomorphosen spielen namentlich talkhaltige Mineralien, wie Asbest, Serpentin und Speckstein, sowie Glimmer nnd verschiedene Eisenmineralien, wie Grünerde, Magneteisen und Titaneisen, eine Hauptrolle. Die Verwitternng und Zersetznng der augitischen Gebirgsarten ist ausserordentlich reich an verschiedenen Wechselfällen, so dass es fast nnmöglich ist, dieselben unter allgemeine

Rubriken zu ordnen. Diese Zersetzungen haben aber eine Menge von Producten gebildet, welche in die benachbarten Gesteine übergeführt wurden. Vielleicht ist die Löslichkeit und Zersetzbarkeit vieler Augite dadurch erklärlich, dass sie der Hitze ausgesetzt waren, da geschmolzener Augit von Salzsäure vollkommen aufgeschlossen wird. Uebrigens muss Augit auch auf nassem Wege gebildet worden sein, da namentlich der Diopsid häufig auf Gängen mit ersteren Krystallen vorkommt, die nur durch Wasser entstanden sein können.

Die Basalte, welche unzweifelhaft feuerflüssig waren, bestehen §. 1377.
wesentlich aus Gemengen von Labrador und Augit, in welchen als charakteristisches eingesprengtes Mineral sich Olivin findet. Dieser letztere, der meistens Kugeln bildet, gehört zu den strengflüssigsten Mineralien, und war offenbar schon längst fest, als die Basaltmasse erstarrte; denn man findet häufig Olivinkugeln, welche bei der Zerreissung der Basaltsäulen selbst in der Mitte durchgerissen wurden, so dass die eine Hälfte in der einen, die andere in der anderen Säule steckt. Die Verwitterung dieser Olivinkugeln, die sehr schnell vor sich geht, beginnt zuerst mit dem Eindringen von Wasser, und setzt sich durch zunehmende Oxydation des Eisens fort, wodurch der Olivin zuerst blau, dann dunkelgrün, dann gelb und roth wird. Der Zusammenhang vermindert sich dabei, so dass die Kugeln äusserst leicht zerfallen. Indem dieses Eisenoxyd mechanisch fortgeführt wird, zersetzt sich auch das zurückbleibende Magnesiasilicat in der Weise, dass stets mehr Magnesia fortgeführt und ein Doppelsilicat gebildet wird, welches nach und nach sich ebenfalls auflöst.

In der Masse der Basalte selbst finden verschiedene Veränderungen Statt, die indessen noch weniger erforscht sind. Man weiss, dass in den Drusenräumen und Höhlungen fast aller Basalte sich wasserhaltige Silicate bilden, gewöhnlich von weisser Farbe und deutlich krystallisirte Formen, die nur wenig Eisen enthalten und die offenbar aus einer Umwandlung der basaltischen Masse und einer nachträglichen Krystallisation der Zersetzungsproducte in den Drusenräumen hervorgehen. Auffallend ist es, dass man diese Zeolithe noch niemals in der Masse selbst, sondern stets nur in Hohlräumen gefunden hat, und wahrscheinlich bezeichnen sie das erste Stadium der Zersetzung, in welchem die Silicatsalze nur Wasser aufgenommen haben. Die Verwitterung der Basalte geht in anderer Weise vor sich und schreitet manchmal von innen nach aussen, wenn Spältchen die Gewässer in das Innere geführt haben, gewöhnlich aber von aussen nach innen, wo sie sich durch verschieden gefärbte Zonen auf dem Querschnitte der Basaltsäulen erkennen lässt. So nahm Bischof an einer dünnen Säule von 5 Zoll 6 Linien Dicke folgende Zonen wahr, die wir von aussen nach innen aufzählen.

1) Eine scharf begrenzte lichtaschgraue feinkörnige Rinde, höchstens eine Linie dick, welche fein ockerbraun getüpfelt, wenig hart ist und in welcher offenbar ein Theil des Eisens schon weggeschlemmt wurde.

2) Eine bräunliche Zone, acht bis neun Linien dick, scharf begrenzt, in welcher die Olivine hyacinthroth sind, und welche die grösste Härte zeigt. Das Eisenoxydul ist hier offenbar höher oxydirt und wahrscheinlich auch Kieselerde ausgeschieden worden, welche die grössere Härte verursacht.

3) Eine minder scharf begrenzte Zone, 3 Linien dick, in welcher eine dunklere Färbung die beginnende Oxydation des Eisens nachweist.

4) Der innere unveränderte Kern.

Geht die Verwitterung weiter vor, so zerfallen die Basaltsäulen endlich in wackenartige Massen, wobei namentlich Thone zurückbleiben. Das Thonerdesilicat, welches diese weissen oder gelblichen Thone, die so häufig im Basalt selbst als Rest seiner Zersetzung lagern, zusammensetzt, ist offenbar der letzte unlösliche Bestandtheil, der aus der Verwitterung hervorgeht, und man kann deshalb, wenn man die Thonerdemenge als unveränderte Basis annimmt, die Bestandtheile berechnen, welche bei der Zersetzung des Basaltes weggeführt werden. So fand Ebelmen, dass in einem veränderten Basalte mehr als 57 Procent der ganzen Masse verschwunden seien. Von dem Gesammtgehalte der Magnesia waren $^{95}/_{100}$, von demjenigen des Eisens $^{9}/_{10}$, von demjenigen der Alkalien $^{5}/_{6}$, von dem der Kalkerde die Hälfte, von dem der Kieselerde $^{2}/_{3}$ weggeführt worden; wie man sieht, waren lösliche alkalische Magnesiasilicate nach der Oxydation des Eisens und der Verbindung der Kalkerde mit Kohlensäure ausgeschieden und ein Thonerdesilicat zurückgelassen worden; und es begreift sich deshalb leicht, wie grosse Massen von Magnesia aus basaltischen Gesteinen in umgebende Felsmassen übergeführt werden können.

§. 1378. Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung kommen die Melaphyre den Basalten am nächsten, indem sie meistens Gemenge aus Augit und Labrador sind. Ihre Zersetzung geht besonders dann schnell vor sich, wenn die Melaphyre, wie es häufig vorkommt, Mandelsteine bilden oder eine kugelige Structur zeigen, wo bei der Verwitterung die Kugeln in concentrische Schalen zerfallen und aus dem Gesteine sich loslösen. Allgemein findet man als Zeichen der Zersetzung der Melaphyre eine Ueberziehung der feinsten Spältchen und Spalten mit kohlensaurem Kalke, so dass die Bruchstücke in Säuren brausen. Zugleich damit gehen die Veränderungen der Farbe analog denjenigen des Basaltes, welche auf die allmälige Oxydation des Eisens hinweisen. Was aber besonders die Zersetzung des Melaphyrs auszeichnet, das ist die Aus-

scheidung von Kieselerde, wahrscheinlich dnrch die Oxydation des Eisens, und die Verbindung des Kalkes mit Kohlensänre bedingt, welche Kieselerde sich besonders in Form von Agat nnd Jaspis abscheidet und Mandeln oder sonstige Massen in dem Gesteine bildet. Bei fortschreitender Zersetzung werden der anfangs abgesetzte kohlensanre Kalk und das Eisen theils aufgelöst, theils weggeschlämmt, oder auch der Kalk in besonderen Gängen abgesetzt. Bei der grossen Quantität von Quarz, welche ansgeschieden wird, erscheinen die Verkieselnngen gewisser Gesteine an solchen Orten, wo die aus dem Melaphyr fliessenden Gewässer hingelangen können, leicht erklärlich.

Die Hornblenden verwittern im Allgemeinen schwieriger, als die Augite; was davon abzuhängen scheint, dass sie weniger Kalkerde besitzen, als diese, nnd deshalb auch der Kohlensäure der Sickerwasser keine so mächtige Basis bieten, welche Verwandtschaft znr Kohlensäure zeigt. Während man in den Melaphyren überall kohlensauren Kalk, aus der Zersetznng hervorgegangen, antrifft, ist dieser in den Hornblendegesteinen nur äusserst selten; im Uebrigen aber ähneln die Zersetzungsprocesse der Hornblenden sehr denjenigen der Augite. Die Verwitterung der dnnkelfarbigen eisenreichen Varietäten beginnt mit höherer Oxydation des Eisens, und nicht selten findet man Hornblendekrystalle mit zerfressenen Stellen, welche mit Eisenoxyd ausgekleidet sind. Auf der Wegführung der Kalkerde und der theilweisen Ausscheidung des Eisenoxyduls beruht auch die Umwandlnng der Hornblenden in Chlorit, wobei zugleich eine gewisse Quantität von Kieselerde aus der Mischung tritt, die sich offenbar in der Form von Quarz ausscheidet, da das Kalk- und Eisensilicat dnrch die Kohlensänre der Sickerwasser zersetzt wird. Bei weiterer Umwandlnng tritt Thonerdesilicat aus der Mischnng aus und es bleibt dann Serpentin zurück, nnd endlich, wenn alle übrigen Basen aus der Mischung ausgeschieden sind, ist die Hornblende in Speckstein oder Talk, d. h. in fast reines Magnesiasilicat, umgewandelt. Der gewöhnliche Zersetzungsprocess ist gewiss die Umwandlung der Hornblende in Chlorit mit gleichzeitiger Ausscheidung von Qnarz, von kohlensaurem Kalke und Magneteisen. §. 1379.

Ans diesen mineralogischen Zersetzungen gehen anch schon die Umwandlungen der Hornblende-Gesteine, der Hornblende-Schiefer nnd der Diorite oder Grünsteine in Chloritschiefer, Glimmerschiefer und Serpentin hervor, die an vielen Stellen durch geognostische Beobachtungen bestätigt worden sind. Bei der Umwandlung der Hornblendeschiefer in Chloritschiefer sieht man besonders die Farbe der Hornblendegesteine erhalten, weshalb denn auch der Glimmer in solchen Schiefern stets grünlich gefärbt ist.

Während die Spaltbarkeit der Mineralien im Allgemeinen eine Hauptursache ihrer Zersetznng ist, erscheint es anffallend, dass §. 1380.

der Glimmer, das unter allen gewiss am weitesten spaltbare Mineral, gerade dasjenige zugleich ist, welches am schwierigsten von natürlichen Einflüssen umgeändert werden kann. Die chemische Zusammensetzung des Glimmers ist nur insofern ein Grund für diese Unzerstörbarkeit, als der Glimmer nur zufällig Kalk als Bestandtheil enthält; im Uebrigen aber scheint kein Grund vorhanden, weshalb die Silicate des Glimmers unauflöslicher sein sollten, als die anderer Mineralien, und man kann die Unzerstörbarkeit deshalb nur in einer besondern Modification suchen, ähnlich derjenigen des Zinkoxydes oder der Thonerde, welche ebenfalls in gewisser Form fast unauflöslich erscheinen. So unlöslich der Glimmer ist, so fest widersteht er auch der Hitze, obgleich er meist einigen Wassergehalt beim Glühen verliert. Bis jetzt ist es unmöglich gewesen, den Glimmer wirklich zu schmelzen, höchstens bemerkte man ein geringes Zusammensintern. Die Beobachtungen an Lavastücken, wo die Glimmertafeln in die noch weiche Masse eingedrückt erscheinen, wie ein Siegel in geschmolzenem Lack, sowie die Versuche beim Zusammenschmelzen von Basalt und Schlacken mit Glimmertafeln haben gezeigt, dass Glimmer sich nicht selbständig in der Hitze in der Lava aus seinen Bestandtheilen bilden und aus der feuerflüssigen Masse herauskrystallisiren kann, sondern dass er vorher existirt haben muss und in der feuerflüssigen Masse sich unverändert erhielt. Die Zerstörung des Glimmers beruht durchaus nicht auf seiner allmäligen Auflösung, sondern auf der Zerreibung durch die Gewässer, wodurch er allmälig in höchst feines Pulver reducirt wird, welches als aufgeschwemmte Masse fortgeführt und dann wieder in Gestalt von Thonschiefern abgesetzt wird. Auch braucht man nur kleine Splitter von Thonschiefer unter dem Mikroskop zu betrachten, um sich zu überzeugen, dass dieses Gestein vorwaltend aus mikroskopischen Glimmerlamellen zusammengesetzt ist. Es ist möglich, dass bei der Umwandlung der Thonschiefer in Glimmerschiefer, die so ausserordentlich häufig vorkommen, eine erneute Krystallisation oder ein Zusammenschiessen dieser bis ins Kleinste zertheilten Glimmerpartikelchen erfolgte. Die Pseudomorphosen und Umwandlungsprocesse, als deren Endpunkt der Glimmer erscheint, sind ausserordentlich häufig, und da man meistens nachweisen kann, dass dieselben durch den Einfluss der Gewässer entstanden sind, während man auf der andern Seite keine einzige Thatsache kennt, welche die Entstehung des Glimmers auf feuerflüssigem Wege direct nachwiese, so dürfte wohl der Schluss gerechtfertigt sein, dass in allen denjenigen Gesteinen, in welchen Glimmer vorkommt, dieser entweder präexistirte oder durch nachfolgende wässerige Umwandlungsprocesse erzeugt wurde. Selbst amorphe Gesteine, wie Basalt, scheinen durch solche Umwandlungsprocesse nach und nach in Glimmergesteine umgewandelt werden zu können.

Einige den Metamorphismus bestimmter Gesteine betreffende Fragen sind es besonders, welche die Geologen in besonderer Weise beschäftigen und durch deren Discussion man auch hauptsächlich auf die übrigen analogen Erscheinungen aufmerksam wurde. In die erste Reihe gehört hier die Frage über die Entstehung der Dolomite und zwar namentlich der Dolomite, die offenbar durch eine Umwandlung, sei sie nun welcher Art sie wolle, in den Zustand, in welchem sie sich jetzt zeigen, übergeführt worden sind. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass viele dolomitische Gesteine, auf deren Magnesiagehalt man deshalb nicht aufmerksam wurde, weil sie ganz in der Art und Weise wohlgeschichteter Kalksteine auftreten und auch theilweise Versteinerungen enthalten, wirklich als solche aus dem Wasser abgesetzt wurden. Der Magnesiagehalt in diesen Kalken wechselt sehr und kann sogar bis zu derjenigen Menge steigen, welche für das eigentliche Doppelsalz aus kohlensaurem Kalke und kohlensaurer Magnesia, zu gleichen Atomen zusammengesetzt, erforderlich ist, ohne dass deshalb auch dieses Doppelsalz sich wirklich in krystallinischer Form ausscheide. So ist es jetzt nachgewiesen, dass die compacten geschichteten Gesteine vom Monte Salvatore bei Lugano, welche Leopold v. Buch noch ihrem äussern Ansehen nach und ihres Gehaltes an Versteinerungen wegen für Kalke erklärte, wirkliche compacte Dolomite sind, die von dem krystallisirten zuckerigen Dolomit desselben Berges sich nur durch den Mangel der Krystallform, nicht aber durch die Zusammensetzung unterscheiden. In anderen geschichteten kalkigen Gesteinen ist der Gehalt an Magnesia geringer, dürfte aber kaum irgendwo gänzlich fehlen, und es ist somit erwiesen, dass in der That magnesiahaltige Kalke und selbst compacte Dolomite sich fast zu allen Epochen absetzten und das Ihrige zur Bildung der festen Erdkruste beitrugen. §. 1381.

Von diesen ursprünglich gebildeten Dolomiten, welche vollständige Schichtung, meist auch viele Fossilien enthalten, kann hier weiter nicht die Rede sein, da dieselben nur von Beginn an mit in die Discussion gezogen, bald aber durch die Uebereinstimmung aller Meinungen aus derselben ausgeschieden wurden. Es giebt indess noch eine ganze Reihe dolomitischer Gesteine, bei welchen offenbar eine Umwandlung eintrat, wodurch die Schichtung allmälig verschwand, die Versteinerungen zerstört wurden und wo am Endpunkt der ganzen Umwandlungsreihe jene gewaltigen Massen zuckerförmigen Dolomites, jene Rauchwacken und Stinksteine gebildet wurden, von denen wir schon früher handelten. Wir verweisen hier namentlich auf die schon bei den Melaphyren auseinandergesetzten Lagerungsverhältnisse der Dolomite im südlichen Tyrol und im Tessin, welche besonders als Angelpunkt für die verschiedenen Umwandlungstheorien und die daran geknüpften Discussionen gelten. Wir erwähnten dort, dass die Lagerung §. 1382.

dieser Dolomite zwar im Allgemeinen mit eruptiven Massen in einer gewissen Beziehung stände, dass aber sehr häufig keine directe Einwirkung dieser Massen nachgewiesen werden könne, und dass namentlich an den Grenzen der Melaphyre, denen man den wichtigsten Einfluss auf die Dolomitisirung zuschrieb, eine solche Umwandlung thatsächlich nicht vorhanden sei. Die Umwandlung selbst besteht aber offenbar darin, dass Kalke, welche mehr oder minder Magnesia enthielten, in solcher Weise verändert wurden, dass sie jetzt aus dem krystallisirten Doppelsalze bestehen. Bei den meisten Kalken ist insofern bei dieser Umwandlung eine Raumverminderung eingetreten, als die Krystalle der Dolomite lose zusammengefügt sind und bedeutende Zwischenräume zeigen. Dieser Umstand belehrt uns schon, dass in den meisten dieser Kalke ein Umtausch in der Art stattfand, dass ein Theil Kalk weggeführt und eine gewisse Menge von Magnesia zugeführt wurde. Hätte die Umwandlung nur solche Kalke getroffen, welche in compacter Form schon die Zusammensetzung des Doppelsalzes hatten, wie die erwähnten Schichten vom Salvatore bei Lugano, so würde nothwendig so viel aufgelöst worden sein müssen, als die leeren Räume zwischen den Krystallen betragen. Bei denjenigen Kalken aber, die ursprünglich nur wenige Procente Magnesia enthielten, kann man sich zwar ebenfalls vorstellen, dass dieselben bis auf die der Magnesia entsprechende Dolomitmenge ausgewaschen und weggeführt wurde; dies würde aber eine zu bedeutende Raumabnahme voraussetzen, welche deshalb nicht gerechtfertigt erscheint, weil auf vielen Dolomitmassen, wie z. B. auf dem Schlern in Tyrol, noch Kalkschichten in unveränderter horizontaler Lage auflagern. Es muss also durch irgend einen Process in die Kalkmasse Magnesia eingeführt oder, mit anderen Worten, eine bestimmte Quantität von Kalk durch Magnesia ersetzt worden sein, so dass keine Raumveränderung im Ganzen statthatte, wohl aber die Masse im Ganzen poröser und lockerer wurde. Das Resultat des chemischen Processes in solchen Kalken, die nur wenige oder gar keine Magnesia enthielten, war demnach die Ersetzung eines Atoms Kalkerde durch ein Atom Magnesia, während ein zweites Atom Kalk mit diesem eintretenden Magnesiaatome zurückblieb und das Doppelsalz bildete. Bei einer solchen Umwandlung in Dolomit wird die Masse in ihrem Volumen verringert, da das absolute Gewicht und das Volumen des Dolomits geringer sind, als das des Kalkes. In der That verhält sich der Dolomit zu compactem Kalkstein hinsichtlich seines Volumens wie 0,88175 zu 1. Es folgt daraus, dass bei der Umwandlung des Kalkes in Dolomit die Masse entweder eine bedeutende Zusammenziehung erleiden oder, wenn sie derselben nicht fähig ist, sich so sehr spalten müsse, dass die Risse und Klüfte mehr als $^1/_{10}$ des Volumens der ganzen Masse betragen. In der That zeichnen sich alle jene metamorphischen Dolomitmassen, welche wir kennen, durch ihre ungemeine Zer-

klüftung und Zersplitterung aus, und man hat schon bemerkt, dass die krystallinischen Dolomite sich dadurch von den krystallinischen Kalksteinen unterscheiden, dass in diesen die Krystalle alle an einander liegen, während sie in jenen stets rosetten- oder drusenartig um leere Räume gruppirt sind. Dass indessen bei einer genauern Bestimmung dieser leeren Räume vielfache Verhältnisse derselben eintreten können, ergiebt sich schon aus der Natur der Sache, und wenn diese Bestimmung einmal mit der Berechnung übereintraf, so war dies ein reiner Zufall, der des Aufhebens, das man von dieser Uebereinstimmung machte, nicht werth war.

Wenn der Umwandlungsprocess der Kalksteine in Dolomite wirklich auf Zuführung von Magnesia beruht, so ist die erste Frage, welche sich aufdrängt, diejenige nach dem Ursprung dieser Magnesia. Blicken wir uns nun in der Natur um, so finden wir, dass eine Menge magnesiahaltiger Silicate vorhanden sind, welche sich in steter Zersetzung begriffen zeigen, und dass alle Gewässer fast ohne Ausnahme kohlensaure Magnesia als wesentlichen Bestandtheil führen. Wir haben schon früher bemerkt, dass trotz dieses ausgebreiteten Vorkommens der Magnesia in Quellen, Flüssen und im Meere dennoch nur wenige Absatzpunkte derselben bekannt seien, obgleich man an einigen Stellen wirkliche Absätze dolomitischer Gesteine gefunden hat. Andere Arten von Fortführung der Magnesia als die durch Wasser, gewöhnlich in der Gestalt von kohlensaurer Magnesia, sind in der Natur jetzt nicht bekannt. Bleibt man deshalb gänzlich auf dem Fusse der Thatsachen stehen, so muss man behaupten, dass Magnesia nur durch Gewässer zugeführt werden kann, dass diese Zuführung aber um so leichter ist, weil alle circulirenden Gewässer wirklich einen Magnesiagehalt zeigen. §. 1383.

Durch die geologischen Verhältnisse wird man schon auf das Verhalten der Kalkerde zu der Magnesia aufmerksam gemacht. Beide Erden sind isomerisch, zeigen eine grosse Verwandtschaft zur Kohlensäure, die aber bei der Kalkerde am stärksten hervortritt, und haben eine besondere Neigung zur Doppelsalzbildung, die sich auch namentlich bei dem Dolomite bewährt. Da kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia isomorph sind, so könnten sich beide in sehr verschiedenen Grenzen zu krystallisirten Doppelsalzen vereinigen. Indessen findet man in der Natur hauptsächlich nur zwei Verhältnisse, nämlich den echten Dolomit, ein Doppelsalz von einem Atom kohlensauren Kalkes mit einem Atom kohlensaurer Magnesia, was ein procentisches Verhältniss von 54 Theilen kohlensauren Kalkes zu 46 Theilen kohlensaurer Magnesia giebt, und ein anderes Doppelsalz aus 3 Atomen Kalk und 2 Atomen Magnesia, wo sich das Verhältniss des Kalkes §. 1384.

wie 64 zu 36 stellt. Das krystallisirte Doppelsalz des Dolomit ist bei Weitem schwerer löslich, als jeder seiner Bestandtheile für sich genommen. Man weiss dies schon daraus, dass der Dolomit nur sehr wenig mit Säuren braust und sich nur äusserst langsam auflöst. Eine natürliche Folge dieses Verhältnisses ist, dass kohlensaures Wasser, welches durch dolomitische Kalksteine sickert, nur kohlensauren Kalk aus diesen auflöst und den Dolomit zurücklässt. Aus derselben Schwerlöslichkeit des Doppelsalzes und aus der Neigung zur Doppelsalzbildung zwischen beiden Erden wird auch die Entstehung des Doppelsalzes selbst und die Ersetzung von Kalk durch Magnesia möglich, obgleich letztere im Sickerwasser löslicher ist, als dieser. Im Allgemeinen gilt der Satz, dass der schwerlöslichere Körper den leichtlöslichen aus seiner Verbindung austreibt, und bei gewöhnlichen Verhältnissen würde deshalb die Magnesia durch den Kalk ausgetrieben werden. Hier aber ist es nicht sowohl die Magnesia, sondern vielmehr das schwerer lösliche Magnesia-Kalzsalz, das, während es sich bildet, den überschüssigen leichter löslichen Kalk austreibt. Es wird aus diesen Verhältnissen klar, dass magnesiahaltiges Wasser, sobald es durch Kalk filtrirt, nach und nach Dolomit erzeugen muss und dass die Krystallisation um so vollständiger vor sich gehen wird, je langsamer der Process dauert und je verdünnter die Lösungen sind. Von chemischer Seite steht deshalb einer wässerigen Umbildung des Kalkes in Dolomit durch die gewöhnlichen Sickergewässer durchaus nichts entgegen, und es wird diese Bildung noch durch den Umstand unterstützt, dass die meisten Dolomite eine Menge verschiedenartiger aus Wasser erzeugter Mineralien krystallisirt in Drusen und Klüften enthalten, sonst aber in ihrer Masse ausserordentlich rein und von anderen beigemengten Stoffen frei sind.

§. 1385. Man versuchte verschiedene Wege, um die Umbildung des Kalkes in Dolomit zu erklären, wobei man, wie dies meistens in den Wissenschaften geht, zuerst von Analogieen und supponirten Thatsachen ausging und ausserordentliche Processe zu Hülfe rief, um scheinbar Ausserordentliches zu erklären, bis man später durch wiederholte Beobachtung und wiederholten Versuch stets mehr auf einfachere Verhältnisse kam. Die Umlagerung des Dolomites im südlichen Tyrol im Kreise um die Melaphyre wurde von Leopold v. Buch zuerst in das Auge gefasst, der annahm, dass die melaphyrischen Eruptionen von Dampfausbrüchen begleitet gewesen seien, welche durch die Spalten und Erhebungsrisse des Gebirges sich einen Weg bahnten und durch ihren Magnesiagehalt an gewissen Stellen den Kalk in Dolomit umwandelten. Den Einwurf, dass man an vielen Orten keine unmittelbare Einwirkung des Melaphyrs auf den ihn einschliessenden Kalk sehen könne, suchte man dadurch zu beseitigen, dass man annahm, die mit Magnesia geschwängerten Dämpfe hätten erst in einiger Entfernung von dem Melaphyre ihre

Wirkung äussern können, in ähnlicher Weise, wie bei den vulcanischen Sublimationen verschiedener Salze durch Wasserdampf auch die vorzüglicheren Ablagernngen erst in einer gewissen Entfernung von dem Schlote unter der feuerflüssigen Masse der Lava in einer Zone sich zeigen, wo eine lebhaftere Wechselwirkung zwischen der Atmosphäre und diesen Dämpfen stattfinden kann. Man glaubte deshalb, dass auch bei der Dolomitisirung die aus der Melaphyrmasse anfsteigenden Dämpfe die unmittelbar über ihnen liegenden Kalksteine durchbrochen und erst da ihre Wirkung ausgeübt hätten, wo die Nähe der Oberflächen, das Vorhandensein von Wasser oder andere Verhältnisse, die wir heute nicht mehr hestimmen können, den Niederschlag der Bittererde bedingten. Gegen den Einwurf, dass die Magnesia feuerbeständig sei und nicht sublimirt werden könne, wand man ein, dass mittelst des Wasserdampfes, der sich bei den Ausbrüchen entbindet, eine Menge anderer feuerheständiger Materien, Eisensalze, Borsäure u. s. w., in den Vulcanen sublimirt würden und dass anch in ähnlicher Weise die Magnesia um so mehr von Dämpfen fortgerissen werden konnte, als sie sich sehr leicht höchst fein zertheilen und in Form eines äusserst leichten Pulvers erhalten lässt.

Man sieht, dass bei dieser Hypothese eine Menge von Snppositionen gemacht werden mussten, die auf Ausnahmskräfte hindeuteten. Da, wo man keine Melaphyre in der Nähe offenhar metamorphischer Dolomite finden konnte, musste man annehmen, es seien dieselhen dennoch unsichtbar in der Tiefe vorhanden. Man musste Druck, Wasserdampf, fenerflüssige Hitze zu Hülfe rufen, um eine gewisse Quantität Magnesia fortzuschaffen, deren Ursprungsqnellen man durchans nicht hätte angeben können, da es unmöglich war, sich von einem chemischen Processe eine Idee zu machen, durch welchen Magnesia etwa aus einer melaphyrischen Masse, d. h. ans einer Silicatverhindung hätte ausgetrieben werden können, und nachdem man durch alle diese ausserordentlichen Phänomene die Magnesia mit Mühe nnd Noth an Ort und Stelle gebracht hatte, war es wieder unmöglich, sich einen chemischen Process zu denken, durch welchen in den Kalkmassen, die an freier Luft standen, calcinirte Magnesia ans kohlensaurem Kalke die Hälfte der Kohlensäure in Beschlag nehmen und die Hälfte des Kalkes austreiben konnte.

Da es unmöglich war, mit dieser Theorie die Thatsachen in geologischer wie chemischer Hinsicht zu vereinigen, so suchte man auf anderen Wegen durch Zersetzung von Salzen bei erhöhter Temperatur und hei bedentenderm Drucke die Dolomitisirung zu erklären. Da der Dolomit häufig von Gyps begleitet ist und die Processe der Bildung beider Salze oft zusammenzuhängen scheinen, so glanhte man, dass Gewässer mit schwefelsaurer Magnesia oder Bittersalz durch gegenseitige §. 1386.

Zersetzung mit dem Kalksteine Gyps und Dolomit gebildet hätten. Da indessen eine Gypslösung, welche dnrch gepulverten Dolomit filtrirt, gerade im Gegentheil diesen in reinen kohlensauren Kalk unter Ausscheidung von Bittersalz zerlegt, so glaubte man annehmen zu müssen, dass bei erhöhter Temperatur die Reaction der beiden Salze sich umkehre. In der That erhielt man bei sechsstündigem Erhitzen von reinem kohleusauren Kalk mit schwefelsaurer Magnesia in einer geschlossenen Glasröhre unter einem Drucke von 15 Atmosphären und bei 200° Hitze eine entgegengesetzte Reaction, indem sich Gyps und kohlensaure Magnesia gebildet hatten; aber eine Dolomitbildung wurde durch diesen Versuch durchaus nicht erzielt. Bei anderen Versuchen wurde beim Erhitzen des kohlensauren Kalkes mit einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia oder von Chlormagnesium unter einem Drucke von 15 Atmosphären nnd bei einer Temperatur von 160° Réaumur, ein Theil des kohlensanren Kalkes durch das Magnesiasalz in kohlensaure Magnesia und schwefelsauren Kalk oder Chlorcalcium zersetzt. Das gebildete Doppelcarbonat war um so magnesiareicher, je länger die Einwirkung danerte. Alle diese Versuche verlangen eine Erhöhnng der Temperatur durch lange Zeiten hindurch, sowie einen Drnck, welcher unter keinen Umständen durch die natürlichen Verhältnisse, wie wir sie vor uns sehen, hervorgebracht werden konnte.

§. 1387. So mnsste man endlich zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Dolomitbildnng ein höchst einfacher Zersetznngsprocess sei, lediglich durch die Sickerwasser entstanden, welche in zerklüfteten Kalksteinen durch alle Klüfte und Spalten hindurch sich winden und nach und nach ihren Gehalt an Magnesiasalzen unter Dolomitbildung abgeben. Selbst bei der Bildung jener ungeheuren Massen in Tyrol beobachtet man schon durch die Lagerung, dass die Dolomite stets auf den Ursprung von Bächen nnd Thalrissen zurückweisen, und gleiche Verhältnisse finden auch namentlich bei den dolomitischen Uebergangskalken am Rheine statt. Wie sehr das Auge durch vorgefasste Meinungen getrübt werden kann, zeigt hier folgendes Beispiel. In einem Steinbrnche bei Kleinlinden nnweit Giessen breitet sich der Dolomit in einer Art Mulde über den sonst nnveränderten Kalkstein aus nnd setzt sich durch zwei Gänge nach unten fort, welche durch eine kanm 3 Meter breite nnveränderte Kalkmasse von einander getrennt sind. Der Dolomit geht allmälig in den Kalkstein über, ist grobkörnig und nmschliesst trümmerartige Partien des Kalksteines an den Grenzen der Masse, der aufliegende Dolomit ist feinkörniger und ganz in Fragmente aufgelöst. Von der Buch'schen Hypothese befangen, glaubte der erste Beobachter dieser Thatsachen hier eineu überzeugenden Beweis gefunden zu haben, dass Dämpfe, von unten

durch die Spalten des Kalksteines aufsteigend, die Metamorphosen vollbracht hätten; ja vielleicht dass der Dolomit selbst in breiiger Consistenz aus der Tiefe hervorgebrochen sei. Man braucht indessen nur die Bodenconformation zu betrachten, um sich zu überzeugen, dass die Dolomitmulde selbst weiter nichts ist als eine wellenförmige Einsenkung der Oberfläche, in welche die Sickerwasser sich sammeln und beim Eindringen in den zerklüfteten Kalkstein diese nach und nach in Dolomit umwandeln.

Es unterliegt mithin jetzt wohl keinem Zweifel mehr, dass die metamorphischen Dolomite nur durch den Einfluss magnesiahaltender Sickerwasser entstanden sind, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen ohne Erhöhung des Druckes und der Temperatur in ausserordentlich langen Zeiträumen diese Umwandlung vollbrachten. Die Einwirkung der plutonischen hebenden Massen beschränkte sich darauf, dass sie prädisponirte und zu dieser Umwandlung geeigneter machte, indem durch die Hebung die Kalksteine vielfach zerrissen, zerklüftet und dadurch den Tagewassern zugänglich gemacht wurden. Vielleicht auch, dass diese Hebungen auf manche Gesteine einen ähnlichen Einfluss üben konnten, wie den, welchen man an manchen festen Körpern in der Länge der Zeit und bei steter Fortsetzung von Oscillationen und Schwingungen wahrnimmt. Man weiss z. B., dass Axen von Eisenbahnwagen allmälig unter dem Einflusse der stets fortgesetzten erschütternden Bewegungen allmälig aus faserigem in krystallinischen Zustand übergehen, und hat ähnliche Erscheinungen von Molecularveränderungen an vielen scheinbar durchaus festen Körpern beobachtet. Bei solchen geschichteten Dolomiten wie beim Salvatore, wo die Zusammensetzung der unveränderten Schichten dieselbe ist, wie diejenige der krystallinischen Massen, könnten demnach ähnliche Verhältnisse zur Ausbildung der Krystallisation beigetragen haben. §. 1388.

Die Umwandlung mancher Kalke in Gyps hat nicht minder weitläufige Discussionen herbeigeführt als diejenige in Dolomit, und die Erklärung dieser Umwandlungen wird namentlich dann schwierig, wenn der Gyps von anderen Massen, von organischen Ueberresten, von bituminösen Substanzen, Salz und Salzthonen begleitet ist. Geht man auf die jetzt in der Natur waltenden Verhältnisse zurück, so sieht man, dass der Gyps einer von denjenigen Körpern ist, welche ihre Lagerstätte sehr leicht verändern können, indem er durch Wasser leicht aufgelöst und ebenso leicht in krystallinischer Gestalt abgesetzt werden kann. Die Thatsache, dass bei einer gewissen Sättigung von Salzlösungen der Gyps nicht als solcher in seinem wasserhaltigen Zustande, sondern als Anhydrit ohne Krystallwasser abgelagert wird, liefert auch wohl die Erklärung, weshalb §. 1389.

namentlich mit den Salzmassen Anhydrite verbunden sind, die sich nach und nach wieder in Gyps umwandeln. Bei solchen Massen, die den Schichten untergeordnet und mit Thon, Salz und Bitumen vergesellschaftet sind, dürfte dann auch die Erklärung durch Einsickerung stark abgedunsteter Meere und Salzlösungen, ähnlich denen des Todten Meeres und des Eltonsees, die angemessenste Stätte finden.

Eine zweite natürliche Quelle der Gypsbildung liegt aber in den Solfataren und den Gewässern, welche Schwefelwasserstoff aus der Tiefe an die Oberfläche bringen, der sich bei der Berührung mit der Luft theilweise zu Schwefelsäure oxydirt und theilweise Schwefel ausscheidet. Die gebildete Schwefelsäure wandelt den umliegenden Kalk in Gyps um, der zugleich von einer Menge von Schwefelabsätzen durchzogen wird.

§. 1390. Wenn wir in dem Vorhergehenden diejenigen Processe behandelten, deren Aufklärung bis jetzt mehr oder minder gelungen ist, so dürfen wir uns nicht verhehlen, dass hier noch ein reiches Feld der Beobachtung offen steht, und dass wir jetzt gerade an einem Wendepunkte der Meinungen angekommen sind, wo es schwer hält, zwischen den streitenden Parteien zu entscheiden. Gerade in diesen Fragen, welche die Umwandlung der Gesteine betreffen, berühren zwei Wissenschaften, die sonst ziemlich getrennt dastehen, einander so innig, dass nur aus der Vereinigung beider die Lösung hervorgehen kann. Beide ergänzen sich wechselseitig und jede liefert der andern Fingerzeige nach den Punkten, auf welche sie ihre Forschungen vorzugsweise richten müsse. Weder die eine noch die andere dieser Wissenschaften ist durchaus maassgebend, und sobald man nur die Attribute gehörig beschränkt, so wird die Lösung nicht ausbleiben. Der Geologe ist vollkommen berechtigt, den Ursprung der Magnesia, des Dolomites durch wässerige Zersetzung der Melaphyre, ein Process, der chemisch vollkommen möglich ist, mit Hindeutung auf die Lagerungsverhältnisse zurückzuweisen, indem der Melaphyr unten, der Dolomit oben liegt, und demnach die aus dem Melaphyr hervortretenden Wasser so lange nicht in den Dolomit einsickern können, als das Wasser nicht den Berg hinanläuft; und andererseits hat der Chemiker vollkommen recht, den Geologen zurückzuweisen, wenn dieser magnesiahaltige Dämpfe mit Eigenschaften begaben will, die ihnen nicht zukommen können. Das Zurückweisen auf die exacten Thatsachen, welche die Chemie bietet, fand erst in der neuesten Zeit Statt, und die chemische und physikalische Geologie ist bei aller Anerkennung des bisher von ihr Geleisteten doch unzweifelhaft noch in ihrer Kindheit begriffen. Viele Beobachtungen der Geologie und Mineralogie, denen man früher, auf chemische

Untersuchungen gestützt, die thatsächliche Wahrheit absprach, haben dennoch später ihre Bestätigung durch ausgedehntere Untersuchungen gefunden, und wenn deshalb manche Umwandlungsprocesse, die der Geologe jetzt noch der Thatsache gemäss annehmen muss, chemisch unerklärlich sind, so hat die Chemie damit das Recht nicht, die Thatsachen selbst hinwegzuleugnen, während sie vollkommen berechtigt ist, Erklärungen zurückzuweisen, die mit ihren jetzigen Ergebnissen im Widerspruche stehen.

Viertes Capitel.

Geschichte der Erde.

I. Geologische Entwickelung.

§. 1391. Die Wechselwirkung der Astronomie mit der Geologie tritt besonders dann hervor, wenn wir, auf die beobachteten Erscheinungen fussend, uns eine Ansicht von dem Urzustande der Erde zu verschaffen suchen. Hierin bedarf es vor allen Dingen der geschickten Combination solcher Beobachtungen, welche eine allmälige Entwickelung der Himmelskörper darthun können. Es ist bekannt, dass nicht allein unser Sonnensystem aus Körpern verschiedener Art zusammengesetzt ist, sondern dass auch ausserhalb unseres Planetensystemes Himmelskörper sehr verschiedener Natur sich finden, welche wahrscheinlicher Weise in verschiedenen Entwickelungsperioden befindlich sind und, in ihrer Gesammtheit aufgefasst, uns ein Bild der individuellen Entwickelung eines solchen Himmelskörpers, wie die Erde ist, bieten können.

Nach der Theorie von Kant und Laplace, welche seither von Herschel mehr ausgebildet wurde, bestand unser Sonnensystem anfangs aus einer chaotischen Nebelmasse, deren Erstreckung so weit und noch weiter ging, als in der jetzigen Zeit unser Sonnensystem überhaupt sich ausdehnt, mithin über die Bahn des letzten, von Leverrier entdeckten Planeten des Neptun hinaus, welcher am weitesten von der Sonne ab seine Bahn beschreibt. Da die Planeten alle in einerlei Richtung und fast in derselben Ebene sich bewegen, die Trabanten in derselben Richtung und fast in gleicher Ebene dieselben umkreisen, und da endlich der Centralpunkt unseres Systemes, die Sonne selbst, mit den übrigen um sie kreisenden Körpern dieselbe Richtung in ihrer Axendrehung zeigt, so kann daraus geschlossen werden, dass alle diese Bewegungen die Wirkung einer einzigen regelmässigen Ursache sind, welche auf den unermesslichen Urnebel unseres Sonnensystemes ein-

wirkte, diesem eine drehende Bewegung ertheilte und später die Zusammenballung der einzelnen Himmelskörper desselben bewirkte. In diesem ungeheuren Nebelflecke schied sich zuerst der centrale Kern, die Sonne, aus, die noch jetzt im Verhältniss zu den Planeten eine fast achthundertmal grössere Masse besitzt. Das Sonnensystem bestand sonach aus einem wahren Nebelsterne, welcher von einer dunstförmigen Masse, einer Lichthülle, umgeben war. Es bedurfte nothwendig einer ungeheuren Hitze, durch welche diese Lichthülle in dem gasförmigen Zustande erhalten wurde. Die allmälige Abkühlung, welche von aussen nach innen fortschritt, brachte eine Verdichtung der gasförmigen Masse hervor und erzeugte somit concentrische Schichten, welche durch die Attractionskraft des Mittelpunktes in ringförmige Massen umgewandelt wurden. Durch die ungleiche Bewegung dieser Ringe, sowie durch ihre ungleiche Abkühlung an verschiedenen Punkten mussten dieselben zerspringen und in Folge der rotirenden Bewegung die Stücke sich in Kugelform zusammenballen. Diese rotirenden zusammengeballten Stücke sind eben die Planeten, und bei diesen wiederholte sich im Kleinen derselbe Process, welcher bei der Bildung des Sonnensystemes im Grossen gewirkt hatte. Die meisten Planeten umgaben sich mit Ringen, welche theils unverändert blieben, theils auch wieder in Stücke zersprangen und so die verschiedenen Monde bildeten.

Es geht aus dieser kurzen Darstellung der Theorie von Laplace zur Genüge hervor, dass die Abkühlung der Nebelmasse eine Hauptrolle in der Condensation der verschiedenen Himmelskörper und somit auch unserer Erde spielte. Wir kennen ausserhalb unseres Sonnensystems unbegrenzte Nebelflecke, ferner Nebelhaufen mit isolirten centralen Kernen; andere, innerhalb welcher sich ausser dem Kerne Ringbildungen und selbst zerspaltene Ringe zeigen, so dass also in dem Weltenraume selbst noch alle jene verschiedenen Entwickelungsstufen sich darstellen, welche von unserm Sonnensysteme bereits durchlaufen sind. Die Astronomie ergänzt somit die Ergebnisse der Geologie. Sie führt die Erde über den feuerflüssigen Zustand, welcher bei ihr angenommen wird, hinaus zu einem nebligen Uranfange, in welchem die festen Materien sich in dem Zustande der höchsten Ausdehnung befanden. Der Halbmesser des Sonnensystems beträgt mehr als 4 Billionen Meilen. Wenn man sämmtliche feste Stoffe, aus welchen die Körper desselben zusammengesetzt sind, auf einen kugelförmigen Raum vertheilt, dessen Halbmesser 4 Billionen Meilen beträgt, so würden auf eine Cubikmeile nicht mehr als 13 Millionentheile eines Grans kommen. Es bedurfte mithin einer ungeheuren Hitze, um die verschiedenen festen Stoffe in einem solchen Zustande der gasförmigen Ausdehnung zu erhalten. §. 1392.

In welcher Weise die allmälige Verdichtung der Erdmasse vor sich ging, aus welchen Substanzen der innere Kern derselben zusam- §. 1393.

mengesetzt sei, darüber können uns weder astronomische, noch geologische Untersuchungen genügende Auskunft ertheilen. Wir haben in dem ersten Abschnitte dieses Bandes gesehen, dass zu verschiedenen Zeiten feuerflüssige ungleichartige Massen aus den Tiefen der Erde hervorbrachen und sich auf der Oberfläche derselben verbreiteten. Allein diese Erscheinungen, so bedeutend sie auch sein mögen, lassen bis jetzt noch keinen Schluss weder auf die Temperatur, noch auf die Zusammensetzung des innern Erdkernes selbst zu, und es entgeht uns somit jeder Haltpunkt zur nähern Bestimmung der Vorgänge, welche sich während der angenommenen Periode des feuerflüssigen Zustandes der Erde ereigneten.

§. 1394. Die bestimmtere Aufgabe des Geologen zur Ermittlung der Erdgeschichte beginnt erst von dem Augenblicke an, wo durch die Ablagerung verschiedenartiger Schichten auf der Erdoberfläche eine feste Rinde sich bildet und bestimmte Epochen sich abzeichnen, die gleichsam als Haltpunkte dienen können, um welche herum die einzelnen Thatsachen sich gruppiren lassen. Da aber zur Schichtung der Materialien nothwendig Wasser in flüssigem Zustande vorhanden sein muss, so beginnt auch die Aufgabe der Geologie erst zu einer Zeit, wo dieses auf der Oberfläche der Erde existiren kann. Die Urkunden der Geologie sind die geschichteten Gesteine in ihrer Aufeinanderlagerung; die grossen Ereignisse werden durch die Lageveränderungen der Schichten und die Modificationen dargestellt, welche die verschiedenen Schöpfungen auf der Erde erlitten. Die mythische Zeit der Erdgeschichte ist diejenige, wo jene Urkunden noch fehlen, in welchen viele Ergebnisse mit unauslöschlichen Zügen eingegraben sind.

§. 1395. Es fragt sich zuerst, ob wir auch wirklich Mittel besitzen, um thatsächlich nachzuweisen, in welcher Art und in welcher Folge die einzelnen Ereignisse sich gestaltet haben mögen, aus denen die geologische Entwicklung der Erde sich zusammengesetzt hat. Eine exacte, auf Thatsachen beruhende Wissenschaft, wie die Geologie sein soll, kann sich nicht mit geistreichen Phantasien begnügen, sondern muss ihre Schlüsse auf die Beobachtung stützen; — sie muss lieber ihre Unwissenheit bekennen, als die Armuth der Thatsachen durch ungegründete Annahmen ersetzen. Es lassen sich indessen jetzt schon Anhaltspunkte genug finden, aus welchen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit Schlüsse auf die verschiedenen Geschichtsperioden der Erde gezogen werden können.

§. 1396. Die Lagerung der Schichten an sich bietet hier vor allen Dingen den wichtigsten Anhaltspunkt. Es wurde schon früher (§. 290 bis 292, Seite 212 bis 215 des ersten Bandes) nachgewiesen, dass alle Schichten fast ohne Ausnahme ursprünglich horizontal ab-

gelagert worden seien, und dass demnach eine jede Aenderung dieser ursprünglichen Horizontalität durch spätere Einflüsse bedingt sein müsse. Eine solche Aenderung der Horizontalität kann indess offenbar auf verschiedene Weise bewirkt werden; — entweder, indem der Boden, auf welchem die Schicht ruht, durch aus dem Innern heraus wirkende Kräfte emporgehoben wird, oder aber, indem durch innere Zusammenziehung der Boden sich senkt und dadurch die Schicht nach der Senkungsstelle hin einstürzt und geneigt wird, oder endlich auch, indem die Schicht an Masse zunimmt, sich dehnt, streckt und faltenförmig biegt. Wir werden im Folgenden nachzuweisen versuchen, welcher Art die Kräfte gewesen seien, die zur Hebung oder Senkung der Schichten beigetragen haben. Es genügt hier vorläufig, als Grundsatz festzustellen, dass die Neigung einer Schicht jedesmal und unter allen Umständen ein späteres Ereigniss ist, welches erst nach ihrem Absatze eintreten konnte.

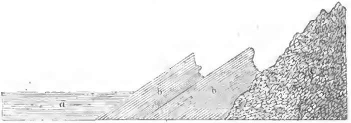
Die Verfolgung der verschiedenen geschichteten Gesteine hat uns §. 1397.
gelehrt, dass dieselben überall auf der ganzen Erde in bestimmter Reihenfolge auf einander gelagert sind, und dass diese Reihenfolge auf der ganzen Erde durchaus in derselben Gesetzmässigkeit sich wiederholt. Alle geschichteten Gesteine sind aus dem Wasser niedergeschlagen worden; — dies beweisen namentlich die organischen Einschlüsse, die Versteinerungen, welche sich in denselben vorfinden. Aus dieser Entstehungsweise geht nothwendig hervor, dass die unterliegende Schicht die ältere, die daraufgelagerte die jüngere sein müsse.

Nur dann könnte ein unterliegendes Gebilde jünger sein als das daraufgelagerte, wenn das untere aus dem Schoosse der Erde hervorgedrungen wäre; — eine durch Niederschlag oder Absatz entstandene jüngere Schicht kann sich hingegen nur in Ueberlagerung der ältern finden. Es muss somit das Steinkohlengebilde z. B. jünger als der alte rothe Sandstein und älter als der Zechstein sein, weil es überall, wo es mit diesen Gesteinen vorkommt, auf dem rothen Sandsteine und unter dem Zechsteine liegt. Hätte das Meer, in welchem sich die Schichten absetzten, gleichförmig die ganze Erde umgeben, so würde man die Erdrinde etwa mit den Schalen einer Zwiebel vergleichen können, deren einzelne Blatthüllen um so älter wären, je näher dieselben an dem Innern der Erde sich befänden. Diese Vergleichung hinkt in der That nur insofern, als kein einziges geschichtetes Gestein vollständig die Erde umgiebt, sondern abwechselnde Hebungen und Senkungen des Bodens statthatten, wodurch zu gewissen Zeiten festes Land sich an derselben Stelle befand, die später durch Einsenkung unter Wasser kam. So findet man an vielen Stellen die Schichten der Steinkohlenformation unmittelbar auf dem Granit, so dass die unteren Schichten ganz fehlen; an anderen Orten die Kreide unmittelbar auf

der Steinkohle, so dass von der ganzen Trias und dem Jura keine Spur anzutreffen ist. Allein dies Fehlen einzelner Formationen in Gegenden, die zur Zeit ihres Absatzes festes Land waren, bedingt deshalb keine Unregelmässigkeit der Reihenfolge. Eine Schicht, welche an irgend einem Orte, der nicht allzu sehr durch Umwälzungen zerstört ist, über einer andern liegt, wird auch überall, wo sie vorkommt, über derselben liegen, und man wird deshalb nur in Fällen, wo ein Umsturz nachgewiesen werden kann, den Jura über der Kreide oder die Tertiärgebilde unter der Kreide finden.

§. 1398. Da die Reihenfolge der Formationen eine und dieselbe bleibt über dem ganzen Erdboden, so bedarf es im betreffenden Falle zuerst nur genauerer localer Beobachtungen, um zu bestimmen, zu welcher Zeit die Horizontalität einer gewissen Schicht gestört worden sei. Gesetzt, man habe in Fig. 941 den Durchschnitt einer Bergkette vor sich, welche

Fig. 941.



aus einem ungeschichteten Kerne *c* besteht, der bei seiner Aufrichtung die auf ihm liegenden Schichten in die Höhe gehoben hat. Fände man nun bei Untersuchung dieser Bergkette, dass die mit *b* bezeichneten Schichten gehoben, die unmittelbar darauf liegenden Gebilde *a* dagegen in ihrer ursprünglichen horizontalen Lagerung verblieben seien, so würde man daraus natürlicher Weise den Schluss ziehen müssen, dass die ungeschichtete Masse *c* nach Ablagerung von *b* und vor derjenigen von *a* sich erhoben habe. Wäre die Hebung später erfolgt, etwa nach der Ablagerung von *a*, so würden diese Schichten gleich den anderen emporgerichtet sein; — da aber ihre Horizontalität unverändert geblieben ist und sie unter einem gewissen Winkel an die aufgerichteten Schichten *b* sich anlegen, so müssen diese letzteren vor dem Absatze von *a* in ihre jetzige Lage gebracht worden sein.

Es bieten sich sonach aus der genauen Beobachtung der Schichtenlagerung genügende Haltpunkte zur Bestimmung der relativen Epoche, innerhalb welcher die Lagerungen der Schichten durch ein besonderes Ereigniss gestört und verändert worden sind, sobald nur alle Formationen in der Nähe einer Bergkette z. B. entwickelt sind. In diesem

Falle lässt sich mit Sicherheit die Epoche der Hebung dieser Bergkette bestimmen. Wenn in dem oben angeführten Beispiele die Schichten *b* die gesammte Juraformation darstellen bis zu dem jüngsten Gliede derselben, die mit *a* bezeichneten dagegen die unteren Glieder der Kreideformation, so würde die Hebung des Gebirges nach der Beendigung der jurassischen Epoche und unmittelbar vor den Anfang der Kreidezeit zu setzen und mithin ihre relative Epoche so genau als möglich bestimmt sein. In solcher Weise zeigen sich aber die Verhältnisse, um es gleich voraus zu bemerken, wohl niemals.

Schwieriger schon werden die Verhältnisse, wenn nicht sämmtliche Glieder der Formationen entwickelt sind, sondern im Gegentheile einige derselben fehlen. Wenn in dem vorliegenden Beispiele (Fig. 941) die mit *a* bezeichneten Schichten Glieder der jüngeren Tertiärgebilde, etwa der Molasse wären, *b* dagegen aufgerichtete Schiefer der Uebergangsformation, so könnte die Hebung ebenso gut unmittelbar nach dem Absatze der Uebergangsgesteine als unmittelbar vor demjenigen der Molasse erfolgt sein, und es läge somit eine Schwankung der Altersbestimmung vor, welche fast die ganze Länge der geologischen Zeit umfasste. Je weniger Formationen an einem Orte fehlen, desto geringer ist natürlich diese Schwankung, ja das Fehlen eines einzigen Gliedes an einem bestimmten Orte kann sogar mit Gewissheit eine verflossene Hebungsepoche dieser Localität darthun. So finden sich an vielen Orten, wie namentlich in der Schweiz, die älteren Glieder der Kreideformation bedeutend entwickelt, während die jüngeren Kreidegebilde und die älteren Tertiärgebilde im Innern des Beckens zwischen Jura und Alpen durchaus fehlen, die mittleren dagegen wieder in bedeutender Ausdehnung vorhanden sind. Man würde aus diesem Verhältniss verschiedene Folgerungen ziehen können. Erstens, dass in dem Zeitraume zwischen dem Absatze der älteren Kreidegebilde und der jüngern Molasse die innere Schweiz über das Niveau des Meeres sich emporhob und während der ältern Tertiärzeit festes Land bildete, auf welchem kein Absatz stattfand. Nach dem Verlaufe dieser Zeit senkte sich indess das Land von Neuem unter das Niveau des Meeres, welches sodann die Molassegebilde auf demselben ablagerte. Da aber in den Alpen die älteren Tertiärgebilde ausreichend entwickelt und in anderer Weise gehoben sind, als die jüngeren, da in den Alpen die der jüngern Kreide entsprechenden Gebilde ebenfalls nicht fehlen, so kann man zweitens auch annehmen, dass diese Glieder in der Tiefe des Beckens unter der Molasse nicht fehlen, sondern nur verdeckt sind, und dass Hebungen vor und nach der Molasse statthatten, welche den jetzigen Zustand herbeiführten. Endlich ist es auch möglich, dass die fehlenden Gebilde wirklich abgelagert, aber später zerstört und theilweise sogar zur Bildung der jetzt vorhandenen Gesteine verwendet wurden. §. 1399.

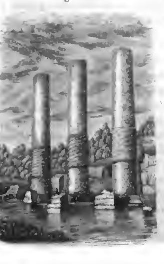
Dieser Gebrauch des Fehlens einzelner Formationen zur Altersbestimmung einzelner Hebungen kann sonach nur bei Berücksichtigung aller Verhältnisse und auch dann nur mit grosser Vorsicht gemacht werden.

§. 1400. Die meisten Lagenveränderungen der geschichteten Gesteine sind offenbar hervorgegangen aus Hebungen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass mit diesen Hebungen zugleich Senkungen vergesellschaftet waren. Ueber die Ursachen der Hebungen und Senkungen sind mancherlei Vermuthungen aufgestellt worden. Suchen wir, ehe wir diese letzteren erörtern, die Beobachtungen und die Grundsätze festzustellen. Das einzige unveränderliche Niveau, von welchem wir praktisch ausgehen können, ist der Spiegel des Meeres; — ob Hebung oder Senkung vorhanden sei, können wir nur aus dem Verhältnisse der Schichten zu dem Meere selbst bestimmen. Sobald also irgend eine Ursache eine Schicht über das Meeresniveau gebracht und trocken gelegt hat, welche früher unter demselben sich befand, so ist für den praktischen Geologen offenbar Hebung vorhanden gewesen, im entgegengesetzten Falle aber Senkung. Es ist aber eine ausgemachte Thatsache und wird aus dem Folgenden noch deutlicher hervorgehen, dass das uns bekannte Festland successiv während der geologischen Epochen sich vergrössert hat und allmälig mehr und mehr über den Spiegel des Meeres emporgehoben worden ist. Ob dafür Senkungen unter dem Meeresspiegel stattgefunden haben, welche der Vergrösserung des Festlandes etwa äquivalent waren, darüber haben wir keine Gewissheit, obgleich es sehr wahrscheinlich ist. Abgesehen davon, dass vermuthlich die südliche Erdhälfte jetzt tiefer unter das Meer getaucht ist, haben wir auch eine Menge von Thatsachen, hauptsächlich aus der Vertheilung der Organismen geschöpft, welche nachzuweisen scheinen, dass bedeutende Landstrecken früher existirten, wo jetzt Meer ist, dass z. B. England mit Frankreich, Spanien mit Nordafrika, das westliche Europa mit dem östlichen Amerika zusammenhingen, ohne dass man indess die genaueren Grenzen dieser wahrscheinlich versunkenen Landstriche nachweisen könnte. Andererseits beweist uns die Anfeinanderlagerung von Meeres- und Landformationen, dass solche Niveauwechsel, welche eine bestimmte Gegend bald unter das Meer brachten, bald wieder über dasselbe emporsteigen liessen, sehr häufig vorkommen, so dass man an vielen Orten fünf- und mehrfache Uebereinanderschichtungen von Meeres- und Landbildungen constatiren kann.

§. 1401. Genauere Beobachtungen der neuern Zeit haben gelehrt, dass die allmälige Entblössung des Festlandes nicht sowohl auf einer Tieferlegung des Meeresniveaus, als vielmehr auf einer wirklichen, allmäligen, ungleichmässigen Emporhebung des Festlandes beruhe. Auf der ganzen Länge der norwegischen Küste findet man, wie in diesem Bande,

§. 910, S. 42, nachgewiesen wurde, Terrassen, Sandanhäufungen, Muschelbänke und Erosionen, welche lange zusammenhängende Uferlinien darstellen, die das frühere Niveau des Meeres bezeichnen. Die norwegische Küste ist ausgezeichnet durch die Existenz langer, tiefeingeschnittener Buchten, sogenannter Fiorde, durch welche das Meer meilenweit in das Land hineindringt. An den Felsenufern dieser Fiorde ziehen sich die alten Uferlinien in scheinbar durchaus horizontaler Richtung hin; — zuweilen bemerkt man selbst mehrere dieser Uferlinien über einander, die dem blossen Auge vollkommen parallel unter sich sowohl als mit dem Meeresniveau erscheinen. Dieser Parallelismus und diese Horizontalität würden, wenn sie wirklich existirten, den Beweis liefern, dass das Meer sein Niveau erniedrigte, indem es sich allmälig zurückzog oder in seiner Masse abnahm. Es hat sich indess gezeigt, dass dieser Parallelismus wirklich nur scheinbar ist, und dass im Gegentheil diese alten Uferlinien mit dem jetzigen Niveau mehr oder minder bedeutende Winkel bilden. So zeigen sich an den Ufern des Alten-Fiords an der Küste von Finnmark zwei wohl ausgeprägte Uferlinien, welche im dem Hintergrunde des 18 Stunden langen Fiords eine weit bedeutendere Höhe einnehmen, als an dem Ausgange desselben. Die obere Uferlinie befindet sich im Hintergrunde in einer absoluten Höhe von 67m,4; an dem Ausgange hingegen nur in einer Höhe von 28m,6; die untere Linie hat im Hintergrunde 27m,7; am Ausgange 14m,1 Höhe über dem jetzigen Meeresniveau. Es zeigt sich demnach, dass diese beiden Linien nicht unter einander parallel sind, indem sie an dem innersten Ende um 39m,7, an dem andern nur um 14m,5 von einander abstehen, und ferner, dass sie beide mit dem Meeresniveau einen gewissen Winkel bilden und in schiefer Richtung unter dasselbe einschiessen. Es beweisen sonach diese Zahlen, dass das feste Land sich über das jetzige Meeresniveau erhoben habe, und zwar im Innern mehr als gegen das Ufer hin, wodurch die alten ehemals horizontalen Uferlinien eine gegen das Meer hin geneigte Stellung bekamen.

Fig. 942.



Ruinen des Serapistempels bei Puzzuoli.

Die Reste des Serapistempels bei Puzzuoli, Fig. 942, beweisen die selbständigen Veränderungen des Festlandes auf ebenso überzeugende Weise. Drei Säulen dieses alten Tempels, welche etwa 40 Fuss hoch §. 1402.

sind und noch jetzt auf ihren Postamenten in ihrer ursprünglichen Stellung stehen, zeigen in einer Höhe von 15 Fuss über dem heutigen Meeresspiegel eine etwa 6 Fuss breite Zone von Löchern, die offenbar nur von Bohrmuscheln herrühren können. Das Meer muss demnach innerhalb der Ruinen dieses Tempels eine Höhe von 18 Fuss wenigstens erreicht haben und längere Zeit in diesem Niveau gestanden sein, um den Pholaden Zeit zu ihrer Ansiedelung zu lassen. In der Umgegend des Tempels zeigen sich ebenfalls die deutlichsten Spuren von dem Verweilen des Meeres in dieser Gegend, und in den Trümmern des Serapistempels selbst hat man Abwehrmauern und verschiedene über einander gelegene Mosaikböden gefunden, welche beweisen, dass das Gebäude allmälig unter Wasser sank. Diese Verhältnisse beweisen augenscheinlich, dass die Küstengegend in der Nähe von Puzzuoli nach Erbauung des Serapistempels in ziemlich bedeutender Weise sich senkte, eine Zeit lang unter dem Meere verblieb, dann aber sich wieder zu ihrem jetzigen Niveau erhob.

§. 1403. Durch die eben angeführten Thatsachen, welche noch durch Beobachtungen aus anderen Gegenden vielfach vermehrt werden könnten, ist somit die wirkliche Existenz langsamer, unmerklicher Hebungen an verschiedenen Küstengegenden dargethan. Die Beobachtungen am Alten-Fiord beweisen aber noch mehr; sie zeigen wenigstens eine Ungleichheit in der Hebung, wenn nicht eine innere Quellung der gesammten gehobenen Masse. Wäre die Hebung, wenn auch bedeutender im Innern des Landes als an der äussern Küste, nur eine Hebung des gesammten Gebirges von unten auf gewesen, so müssten die beiden Uferlinien unter sich parallel sein, während sie in der That einen Winkel unter einander bilden. Wir werden später auf diesen Punkt zurückkommen.

§. 1404. Während es leicht wäre, die wohlconstatirten Beispiele solcher allmäliger Hebungen und Trockenlegungen nicht nur an felsigen, sondern auch in flachen Gegenden zu vermehren, müssen wir betonen, dass wir gegenwärtig auch nicht ein einziges unbestrittenes Beispiel einer plötzlichen Hebung kennen. Alle jene vulcanischen Hebungen, auf welche man sich früher berief, die Erhebungskrater, der Jorullo, der Monte nuovo u. s. w. sind, wie wir bei der Besprechung der Vulcane gezeigt haben, auf andere Ursachen zurückgeführt worden. Die hebende Kraft der Vulcane hat sich auf den geringsten Raum, auf Umknickung und Aufrichtung der die Lavagänge unmittelbar begrenzenden älteren Schichten zurückführen lassen müssen, und auch diese Knickung und Aufrichtung ist so unbedeutend, dass bis jetzt kein Beispiel bekannt ist, wo sie weiter als 100 Meter von dem Lavagange selbst zu spüren wäre. So lange also, bis plötzliche, auf weite Strecken ausgedehnte

Hebungen nachgewiesen sein werden, kann es eine Wissenschaft, wie die Geologie, die sich auf exacte Thatsachen zu stützen hat, nur mit äusserst langsamen und allmäligen Hebungen zu thun haben und müssen alle Folgerungen, welche man auf die angenommene Plötzlichkeit der Hebungen stützen möchte, von vorn herein zurückgewiesen werden.

Schon zu einer Zeit, wo plötzliche Hebungen als wirklich in der Natur vorkommend angenommen wurden, hatten viele Geologen und namentlich diejenigen, welche sich mit der Structur der Alpen eingehender beschäftigt hatten, wie Escher, von der Linth und Studer, für diese Kette wenigsten die Annahme einer plötzlichen Hebung durchaus zurückgewiesen und sich dafür ausgesprochen, dass nur langsam wirkende Kräfte das Emporsteigen dieser Gebirge bedingt haben könnten. Das ganze Verhalten der geschichteten Gesteine gegenüber den krystallinischen Kernen, in welchen man die hebende Masse zu suchen hat, zwang sie zu dieser Annahme; nur durch langsam wirkende Kräfte konnten die Gewölbe entstanden, die Schichten senkrecht aufgerichtet oder selbst übergekippt, und zickzack- oder wellenförmig umgebogen sein. Was aber für die Alpen gilt, wo die gewaltsamsten Lagestörungen stattgefunden haben, gilt auch für die übrigen, weniger gestörten Bergketten, in welchen krystallinische Kerne zu Tage treten. Am allerwenigsten aber können plötzliche Hebungen für diejenigen Gebirge angenommen werden, wo, wie z. B. im Jura, gar keine Gesteine, denen man eine solche Wirkung zuschreiben könnte, zu Tage treten, oder gar in jenen Ländern, wo wellenförmige Biegungen der Schichten über ungemein grosse Landstrecken sich fortsetzen.

Fragt man nun nach der Ursache der Hebungen und Senkungen, §. 1405.
so muss man hier, wie bei so vielen anderen Fragen, gestehen, dass die Ansichten der Geologen sehr von einander abweichen, ja sogar einander diametral gegenüberstehen.

Die Ansicht, welche jetzt noch von den meisten, namentlich älteren Geologen vertheidigt wird, betrachtet die Bildung der Continente als das Werk jenes Mechanismus der Natur, welches Humboldt als die Reaction des noch flüssigen Erdkernes gegen die erstarrte Rinde des Planeten bezeichnete. Diese Reaction habe sich in den verschiedenen Stadien der Abkühlung der Kruste verschieden äussern müssen; doch möge die säculare Abkühlung allein, namentlich in den späteren Stadien der Ausbildung unserer Erdkruste, nicht hinreichend gewesen sein, weshalb man wohl noch den an der Innenseite der Erdkruste ganz langsam fortgehenden Erstarrungsprocess, also die Umwandlung von stark comprimirten flüssigen Massen in starre Körper, zu Hülfe nehmen müsse.

Wie man sieht, geht diese von Naumann formulirte Ansicht wesentlich von den Vulcanen und deren Wirkungen aus. Die Plateaus

entsprechen danach denjenigen Regionen der Erdkruste, gegen welche sich die Wirkung des innern Druckes vorzugsweise concentrirte, oder welche den geringsten Widerstand leisteten; die Gebirge bestehen aus linearen oder zonaren Erhebungen, welchen eine Spaltung der Erdkruste in ihrer ganzen Mächtigkeit und von geradlinigem Verlauf voraus gehen musste. Die Hebung dürfte in den Gebirgen einen instantanen Charakter gehabt haben in dem Sinne, dass wiederholte Hebungsacte stattgefunden haben.

Es lässt sich gegen diese Ansicht mit Fug und Recht einwenden, dass sie eigentlich gar nichts erklärt; dass weder der flüssige Erdkern, noch die Reaction der Kruste gegen das Innere erwiesen ist und dass selbst in dem Falle, dass man einen flüssigen Erdkern, der sich successiv erkältet, annähme, man noch nicht wissen kann, welches dann die „abysso-dynamischen Kräfte" sein sollen, die in demselben ihr Wesen treiben. Da wir nun zudem wissen, dass die Vulcane keine Hebungen verursacht haben und uns keine Beispiele von plötzlichen Hebungen vorliegen, so entbehrt die ganze Theorie jedes factischen Anhaltspunktes.

§. 1406. Offenbar können für die Niveauveränderungen (denn Hebungen und Senkungen stehen in nothwendiger Verbindung) vielfache, noch jetzt beobachtbare Ursachen angerufen werden.

1. Die Auswaschung von unterliegenden Schichten oder auch von Schichten selbst, die zum Theil aus löslichen Stoffen bestehen. Unterlagen von Gyps, Steinsalz, Kalk und anderen im Wasser löslichen Stoffen werden allmälig ausgewaschen und die darauf liegenden Schichten müssen sich senken. Da die Auswaschungen niemals gleichmässig vor sich gehen, so werden Faltungen, Biegungen und Risse entstehen, deren Ränder aufgerichtet werden. Die Faltungen der Grauwacke in den Rheingegenden beruhen höchst wahrscheinlich auf dieser Ursache. Der Kalk, der früher zwischen und in diesen Schichten existirte, ist gänzlich ausgewaschen, so sehr, dass die Versteinerungen, die sonst am längsten widerstehen, meist ebenfalls verschwunden und nur die von den Schalen gefüllten Räume leer zurückgeblieben sind. Dass solche Auswaschungen noch jetzt beständig geschehen, beweisen uns die Quellen, welche ganze Berge aufgelöst in das Meer führen. Der Druck der aufliegenden Schichten vermehrt noch die Wirkung insofern, als er Wellenbiegungen und seitliche Verschiebungen verursacht, wie man häufig an Thonen, Thonschiefern etc. beobachten kann. Die Höhlen in den Kalkgebirgen, die Schlotten im Gypse, die Einsenkungen, die man in unterwaschenen Gebirgen, z. B. im Karst, wahrnehmen kann, sind redende Zeugen dieser stets fortdauernden Arbeit.

2. Die Aushöhlungen durch die in den Vulcanen hervorgetriebenen Massen. Ob diese Hervortreibung durch den Druck überliegender Massen auf unterliegende weiche Gesteine bedingt werde, die dadurch

in feurigen Fluss gerathen, wie Einige wollen, ob sie durch chemische Reaction und Bildung von hebendem Wasserdampf geschehe, ist hier vollkommen gleichgültig; jedem ausgespienen Lavastrome, jedem aufgeschütteten Vulcankegel muss ein Hohlraum von gleichen Dimensionen im Innern der Erdkruste entsprechen, der durch Nachsinken ausgefüllt wird. Wir haben bei Behandlung dieser Verhältnisse gesehen, dass in der That solche Senkungen vorkommen.

Es ist indessen klar, dass diese Ursachen, so gross auch ihre Wirkung sein mag, doch hauptsächlich nur in dem schon über das Meeresniveau emporgehobenen Lande in die Erscheinung treten werden, dass sie aber nicht die Hebung der Continente über dieses Niveau erklären. Die Ausfüllung der unterwaschenen Schichtenräume durch Einströmen des Meerwassers würde auf das Niveau desselben nicht den mindesten bemerkbaren Einfluss äussern; ein dem Aetna entsprechender Hohlraum z. B. ist gegen das Volumen des Mittelmeeres so verschwindend klein, dass das Niveau desselben, wenn sein Wasser hineinströmte, nicht um ein Hundertel eines Millimeters abnehmen würde.

Um die säcularen Hebungen zu erklären, hat Volger auf gewisse §. 1407.
moleculare Kräfte aufmerksam gemacht, die sich im Innern der Erde durch bedeutende Druckwirkungen äussern. Es ist bekannt, dass alte Stollen, Höhlungen, Schachte und Strecken in Bergwerken zuwachsen und zwar nicht durch Ausfüllung von oben, sondern durch Druck von der Seite und von unten. In Kohlenbergwerken, wo die Kohle weggenommen ist, drängt der Thonschiefer von unten her, bildet Hügel mit sattelförmig gestellten Schichten, die endlich sich so steil aufrichten, dass sie zerreissen. In der Nähe von Heilbronn musste ein in dolomitische und gypshaltige Triasformation getriebener Eisenbahntunnel verlassen werden, weil der Druck von unten den Boden gegen die Decke emporhob und so den Tunnel schloss. Volger nimmt an, dass die fortschreitende Krystallisation ein Strecken und Dehnen der Schichten in der Flächenrichtung bewirke und dass diese unwiderstehliche Kraft in den Fällen, wo die Dehnung in der Flächenrichtung nicht Raum finde, nothwendig eine Fältelung der Schichten bedingen müsse, die um so bedeutender werde, je mehr die Dehnung zunehme.

Für stattgehabte Dehnung und Streckung lässt sich allerdings Manches anführen. Volger erwähnt die Belemniten in den metamorphischen Schiefern der Alpen, die als starre Körper fast immer zerbrechen und deren Bruchstücke oft so weit von einander entfernt sind, dass die mit Quarz oder Kalkspath ausgefüllten Zwischenräume mehr als die ursprüngliche Länge der Versteinerung betragen. Ganz dieselbe Erscheinung findet man bei grösseren präexistirenden Krystallen, z. B. Turmalinen, deren Brüche mit Quarz ausgegossen sind. Die Verzerrungen der Versteinerungen in Thonschiefern beweisen eben-

falls eine Dehnung der Schichten in einer bestimmten Richtung. Man kann im Winter täglich beobachten, dass Erdschichten durch das krystallisirende Wasser gehoben und gefältelt werden. Ich habe diese Erscheinung bei einer Winterexcursion am Hauenstein in weiter Erstreckung beobachtet; der abgestochene Rain eines Hohlweges, der aus schwerem Lehm in verschiedenen Schichten gebildet war, zeigte sich in diesen Schichten durchaus gefältelt durch die Eisbildung im Innern. Die Verwirrung und Fältelung der Thon- und Gypsschichten ist offenbar zum Theil solchen Vorgängen, zum Theil der Auswaschung zuzuschreiben. Der wachsende Krystall macht sich mit unwiderstehlicher Kraft Platz, so gut als der wachsende Baum, der Felsen spaltet. Volger berechnet, dass eine Schicht, welche sich auf dem Boden des atlantischen Oceans bildet, nur um $^1/_{400}$ sich auszudehnen brauche, um Faltenwürfe zu erzeugen, die eine Meile Höhe haben. Nun haben aber die höchsten Berge kaum eine solche Höhe über dem Meeresspiegel. Zur Unterstützung dieser Ansicht kann ausserdem noch angeführt werden, dass mehr und mehr sämmtliche abweichende Schichtenstellungen in den Gebirgen, selbst in den Alpen, auf ursprünglichen Faltenwurf, d. h. auf Bildung mehr oder minder gestreckter Gewölbe, sogenannter Tonnengewölbe, zurückgeführt werden können, also jede Erklärung der Hebungen nicht von einer Bildung einzelner Kegel, Ringgebirge oder Dome, sondern von der Bildung solcher Faltenwürfe und Tonnengewölbe ausgehen muss.

§. 1408. Nachdem wir so die verschiedenen Ansichten dargestellt, dürfen wir wohl bekennen, dass die Frage für uns noch eine offene sei und die vorliegenden Beobachtungen und Thatsachen ihre nothwendige Lösung nicht mit sich führen. Wir halten uns einstweilen an die wohl unumstössliche Thatsache, dass das Festland durch Hebung aus dem Meere, nicht durch Sinken des Meeresniveau entstanden sei und wenden uns zu dem Ausgangspunkte zurück: zur Bestimmung des Alters der Gebirge.

Im Ganzen beruht dieselbe auf denselben Principien wie die Bestimmung des Alters eruptiver Gesteine. Die letzte Hebung eines Gebirges fand Statt nach der Bildung der jüngsten in ihrer Lagerung gestörten Schichten und vor der Bildung der ältesten in horizontaler Urlage verbliebenen Schichten. Es lässt sich gegen diesen Satz nur das einwenden, dass säculare Hebungen eine unbestimmte Zeit hindurch fortdauern können und dass innerhalb des Gebirges locale Hebungen noch nach der allgemeinen stattfinden können. So hat z. B. gewiss der Jura an vielen Orten das Ufer der Molassegewässer gebildet, und die Schichten derselben lagern an dem Gebirge meist horizontal an; aber in vielen inneren Jurathälern sind die Molasseschichten steil aufgerichtet.

Elie de Beaumont hat auf die Ansicht gebaut, dass die Gebirge gewissermaassen mit einem Rucke gehoben worden seien und dass diese Hebungen stets zwischen einzelnen Formationen sich einschöben oder vielmehr als Regulationsepochen der Erde bezeichnet werden könnten. Beide Punkte sind heute als unrichtig anerkannt. Darauf indessen gestützt, hat er weiter geschlossen, dass alle Bergketten geradlinige oder Parallelspalten darstellten, welche bei der Kugelgestalt der Erde grössten Kreisen entsprechen müssten. Alle Gebirge mit parallelen Streichungslinien seien mithin gleichalterig. Auf diese Principien gestützt, hat er verschiedene Hebungssysteme der Gebirge unterschieden, die wir in dem Folgenden kurz anführen, ohne auf die Folgerungen weiter einzugeben, welche er aus den Beobachtungen gezogen hat, und hauptsächlich nur aus dem Grunde, weil sie noch in manchen Special-Abhandlungen erwähnt werden. Im Uebrigen theilen sie etwa mit den Erhebungskratern dasselbe Schicksal. §. 1409.

1. System der Vendée. Die Glimmerschiefer und Granite, sowie die seidenglänzenden, grünen Schiefer von Belle-Isle sind in der Richtung von N. 14°, 32ᵐ W. gehoben.

2. System des Finisterre. Gehobene Gebilde: Untersilurische Schiefer in der Bretagne, in Schweden, Finnland und Schottland. Richtung: O. 12°, 21ᵐ N.

3. System von Longmynd. Gehobene Gebilde: Silurische Gesteine in England, Bretagne, im Erzgebirge und Scandinavien. Richtung: N. 31°, 15ᵐ O.

4. System des Morbihan. Silurische Gesteine der Bretagne, des Erzgebirges und Böhmerwaldes. Richtung: N. 43°, 58ᵐ O.

5. System des Westmoorland und des Hundsrück. Gehobene Gebilde: Obersilurische Gesteine in Westmoorland, Cornwallis, Scandinavien, Ardennen, Hundsrück, Bretagne, Erzgebirge und Vogesen. Richtung: O. 31°, 30ᵐ N.

6. System der Belchen und des Harzes. Gehobene Gesteine: Devonische Schichten und Kohlenkalk in den Vogesen, dem Schwarzwalde, am Harze, in der Bretagne, in Scandinavien und Russland. Richtung: W. 6°, 17ᵐ N.

7. System des Forez. Hebungsepoche: Zwischen dem flötzleeren Sandstein und der eigentlichen Steinkohlenbildung der Ufer des Steinkohlenmeeres in allen Ländern. Richtung: N. 11°, 50ᵐ W.

8. System von Nordengland. Hebungsepoche: Zwischen dem Kohlengebilde und dem rothen Todtliegenden. Richtung: N. 2°, 30ᵐ O.

9. System der Niederlande und von Wales. Hebungsepoche: Nach der Ablagerung des Zechsteins und vor derjenigen des bunten Sandsteines, in Mansfeld, im belgischen und pfälzischen Kohlenbecken. Richtung: O. 2°, N.

10. System des Rheins. Hebungsepoche: Nach der permischen

Formation und vor dem Absatze des bunten Sandsteines, besonders bemerklich in den Vogesen und dem Schwarzwalde. Richtung: N. 21°, 4m O.

11. System des Thüringerwaldes, des Böhmerwaldes und des Morbihan. Hebungsepoche: Nach der Ablagerung des Keupers und vor derjenigen des Lias. Bildung der Ufer am Jurameere. Richtung: W. 36°, 47m N.

12. System des Erzgebirges und der Côte d'Or. Hebungsepoche: Nach dem Absatz der Juraschichten und vor demjenigen der untern Kreidebildung. Bildung der Ufer des Kreidemeeres. Richtung: O. 35°, 55m N.

13. System des Mont Viso und des Pindus. Hebungsepoche: Nach dem Absatze des Grünsandes, vor demjenigen der obern Kreide. Richtung: N. 21°, 51m W.

14. System der Pyrenäen. Hebungsepoche: Nach dem Absatz der Nummulitenschichten und vor demjenigen des Grobkalkes. Richtung: W 23°, 3m N.

15. System von Corsica und Sardinien. Hebungsepoche: Nach dem Grobkalke und vor der Molasse. Richtnng: N. 1°, 11m W.

16. System der Tatra, der Insel Wight, des Rilo-Dagh und des Hämus. Hebungsepoche: Vor dem Absatz der Molasse, sehr bemerklich auch in den Westalpen vom Genfer See bis nach Zürich hin. Richtung: O. 4°, 32m N.

17. System der Sancerrois und des Erymanthus. Hebungsepoche: Vor dem Absatze der Faluns. Richtung: O. 22°, 18m N.

18. System der Westalpen. Hebungsepoche: Nach der Molasse. Richtung: N. 28°, 19m O.

19. System der Ostalpen. Hebungsepoche: Nach dem Absatze der Subapenninengebilde. Richtung: O. 14°, 11m N.

20. System des Tenare, des Aetna und des Vesuvs. Hebungsepoche: Im Beginne der jetzigen Zeit. Richtung: N. 15°, 46m O.

§. 1410. Wie man die Sache auch betrachten mag und in welcher Ursache auch die Hebungen begründet sein mögen, ob in der Streckung und Faltung der Schichten, ob in dem Aufquellen der massigen krystallinischen Gesteine oder in einer directen Einwirkung von unten auf, soviel kann als erwiesen betrachtet werden, dass die meisten Bergketten in Folge von Hebungen entstanden sind, durch welche die vorher unter Wasser stehenden Schichten aufgerichtet und theilweise zerrissen wurden, so dass öfter die hebende Masse als Centralkern des Gebirges an die Oberfläche kam. Durch diese Hebungen wurden demnach neue Ufer gebildet, innerhalb welcher das Meer sich begrenzte. Das Festland nahm an bestimmten Stellen zu, an anderen durch Senkungen wieder ab, doch vergrösserte sich wahrscheinlich die Masse des Fest-

landes im Allgemeinen in jeder geologischen Epoche, wobei die Meere an Tiefe zunahmen. Durch genaue Berücksichtigung der geographischen Grenzen, welche einer jeden Formation gesteckt sind, sowie der Hebungen nnd der oft sehr bedeutenden Erosionen und Wegführungen, welche nach dem Absatze derselben noch einige Einwirkungen auf die Formationen übten, lassen sich die Ufer bestimmen, welche das Meer zn einer gewissen Epoche, zur Zeit der Bildung dieser oder jener Formation besass. Je jünger die Formation ist, und je weniger dieselbe in ihrer ursprünglichen Horizontalität gestört wurde, mit desto grösserer Genanigkeit lassen sich auch die alten Uferlinien bestimmen. So giebt z. B. eine geologische Karte des Pariser Beckens fast genau zngleich die Grenzen an, welche das Tertiärmeer zur Zeit des Absatzes der Pariser Bildungen besass. Denn da diese Schichten alle fast horizontal liegen, so ist dies ein Beweis, dass keine spätere Hebung die Ufer des Beckens veränderte, in welchem sie sich absetzten.

Je älter die Formationen sind, desto schwieriger wird die Bestimmung der alten Uferlinien und die graphische Darstellung der Meere, in welchen sie sich absetzten. Die älteren Schichten kommen nur hier und da zu Tage, indem sie in dem grössten Theile ihrer Erstrecknng von anderen Formationen überdeckt sind. Sie zeigen sich meist nur an den Rändern der Bergketten mit aufgerichteten, mannigfach zerknickten und zerworfenen Schichten, ans deren Richtung sich oft nnr sehr schwierig die Fortsetzung der Schichten unter der Oberfläche erschliessen lässt. Zu diesen Schwierigkeiten kommt noch, dass auch die jüngeren Hebungen die älteren Schichten mit afficirten, sie durchbrachen und aufrissen und so deren Stellung in einer Weise modificirten, dass die alten Uferlinien meist durchans nnkenntlich wnrden. §. 1411.

Zuweilen kann bei diesen Verwickelungen die Paläontologie festere Haltpnnkte gewähren, indem sich aus den in den Schichten eingeschlossenen Petrefacten und deren Lebensweise auf die grössere oder geringere Nähe des Festlandes schliessen lässt. Wir wissen, dass gewisse Thiere, wie z. B. die riffbildenden Korallen, sich nur auf felsigem Boden in geringer Tiefe anbanen, dass gewisse Mnschelfamilien, wie z. B. diejenige der Myen, nur in schlammigem Boden ganz in der Nähe des Ufers in geringer Tiefe anzntreffen sind, dass die Pholaden eine genau abgegrenzte Zone in bestimmter Tiefe nnter dem Meeresniveau bilden. Ans diesen und ähnlichen Kenntnissen über die Station nnd Lebensweise der Meeresbewohner nnserer heutigen Schöpfung, welche freilich noch sehr dürftig sind, lassen sich dann Schlüsse auf die früheren Formationen herleiten, und es ist so z. B. mehr aus den paläontologischen als aus den orographischen Forschungen möglich gewesen, eine Karte der Uferlinien der einzelnen jurassischen Formationen in der §. 1412.

Schweiz und den angrenzenden Ländern zu entwerfen. Je mehr wir indess zu den älteren Formationen zurückgehen, desto mehr verlässt uns auch dieses Mittel, da die Unähnlichkeit der Bewohner unserer Erde mit den jetzigen Organismen um so mehr zunimmt, je tiefer wir hinabsteigen, und es also stets um so weniger erlaubt ist, Schlüsse auf ihre Lebensweise zu ziehen.

§. 1413. Hier muss indessen noch auf eine besondere Schwierigkeit aufmerksam gemacht werden, die uns aus den neueren Tiefseeuntersuchungen erwächst, welche einerseits von den Engländern, besonders Carpenter, in der See um Grossbritannien und im Mittelmeer, andererseits von Pourtalès im Golfstrome um Florida betrieben worden sind. Wenn diese Untersuchungen einerseits bewiesen haben, dass in gewissen Meeren das organische Leben sich bis in die ungeheuersten erreichbaren Tiefen in reicher Entwickelung fortsetzt, während in anderen Meeren, wahrscheinlich in Folge scheinbar höchst unbedeutender physikalischer Modificationen, es schon in verhältnissmässig geringen Tiefen aufhört, wodurch allen geologischen bisher gezogenen Schlüssen auf grössere oder geringere Tiefe der Meere der Boden unter den Füssen weggezogen wird, so können wir uns andererseits auch nicht verhehlen, dass die Resultate dieser Tiefseefischerei den ganzen, scheinbar festen Grund erschüttern, auf welchen unser System der geschichteten Gesteine aufgebaut ist. Ausser der Lagerung, die in verhältnissmässig nur seltenen Fällen Aufschluss gewährt, hat man bis jetzt an dem Grundsatze festgehalten, dass gleiche Organismen auch in gleicher Zeit auf der Oberfläche der Erde und in den Meeren existirt haben und hat unbedenklich alle Schichten für gleichalterig, für derselben geologischen Epoche angehörend angesehen, welche eine gewisse Proportion von Arten mit einander gemein haben. Gerade dieser Cardinalsatz der Geologie wird aber jetzt durch den Umstand in Frage gestellt, dass in demselben Meeresbecken und in unmittelbarer Berührung mit einander, durch den Einfluss der unterseeischen Strömungen und der dadurch bedingten Temperaturunterschiede sich Schichten absetzen, die durchaus verschiedene Organismen enthalten. Wenn in dem atlantischen Ocean auf weite Strecken hin ein Absatz sich bildet, dessen bildende Organismen mit denen der Kreide so vollkommen übereinstimmen, dass das Mikroskop sie nicht unterscheiden lässt (*Globigerina*); wenn neben dieser Kreide unter dem Einflusse der Polarströmungen sich Muschelbänke bilden, welche die Bewohner des heutigen Eismeeres und der Diluvialablagerung enthalten, und wieder andere, welche Muscheln enthalten, die mit denen des Pliocen von Sicilien identisch sind, so hat das Gesetz der Correlation der Organismen in gleichzeitig gebildeten Schichten desselben Meeres einen höchst bedenklichen Leck bekommen. Wir sind freilich noch nicht in der Lage, die wenigen bis jetzt erhal-

tenen Resultate zu einer Aenderung dieses Gesetzes verwenden zu können, um so weniger als die Strecken, über welche hin diese Untersuchungen ausgedehnt wurden, noch viel zu klein sind, um allgemeine, für die sämmtlichen Meere und Klimate gültige Schlüsse daraus zu ziehen, welche wieder auf die Geologie angewendet werden können; allein so viel kann man jetzt schon voraussehen, dass unsere Lehre von den Sedimentgesteinen einer gänzlichen Umwandlung entgegengeht und dass wir in naheliegender Zeit uns in diesem Gebiete ebenso verwickelten Streitfragen gegenüber finden werden, wie jetzt in dem Gebiete des Metamorphismus und der krystallinischen Massengesteine.

Betrachtet man, ohne auf die wechselseitigen Beziehungen von Land und Meer, Berg und Ebene Rücksicht zu nehmen, die Entwickelungsgeschichte des Festlandes vom mechanischen und chemischen Standpunkte aus, so ist es klar, dass dieselben Vorgänge, welche noch heute spielen, auch in den früheren Epochen Platz gegriffen haben müssen. Aufbau und Zerstörung gehen stets Hand in Hand und erzeugen ähnliche Resultate. In den Gewässern scheiden die schalentragenden Organismen die Kieselerde, den Kalk und die verschiedenen Stoffe aus, welche sie zum Bau ihrer Schale bedürfen; es bilden sich fortdauernd die mannigfaltigen Absätze, sowohl aus den aufgelösten als aus den aufgeschwemmten Materialien, welche die Salzlager, die Thon- und Gypsschichten, die Sandsteine u. s. w. bilden. Das einmal gebildete und ins Trockne erhobene Festland wird unablässig zertrümmert, zerrieben, chemisch aufgelöst und theilweise dem Meere und den Gewässern zugeführt. Die meisten Trümmergesteine, die wir kennen, sind nicht einmal auf ihrem ersten Lagerplatze, sondern sind zu verschiedenen Zeiten aufgebaut, zertrümmert und wieder aufgebaut worden. So stellt sich ähnlich wie in den chemischen Elementen ein ewiger Kreislauf in dem Bildungsmaterial der Erde her, aus welchem kein Glied ausgeschieden werden kann. Es werden sich stets wieder Kalke, Thone, Sandsteine und Conglomerate bilden, zertrümmert und neu gebildet werden, und selbst diejenigen Gesteine, welche der Zerstörung unzugänglich scheinen, erliegen nach und nach in diesem Kreislaufe, um stets wieder neu geboren und erzeugt zu werden, nur mit dem Unterschiede, dass die einen längere, die anderen kürzere Zeit brauchen, um in denselben zurückzukehren. Wenn aber diese Vorgänge auf der Erde in den uns zugänglichen Tiefen, in dem Meere sich abwickeln, so ist auch kein Grund abzusehen, warum in grösserer uns unzugänglicher Tiefe innerhalb der Erdkruste diejenigen Processe, von welchen uns einige wenn auch unzugängliche Kunde gebracht wird, nicht ebenfalls in früheren Zeiten Platz gegriffen haben sollen. Mag man von der Ursache der innern Erdwärme eine Vorstellung haben wie man wolle; mag man sie auf einen feuerflüssigen Erdkern zurück- §. 1414.

führen oder auf Processe, die sich nur in einer gewissen Tiefe abspielen; die Wirkungen der heissen Quellen, die Ausströmungen von Kohlensäure, die sämmtlichen vulcanischen Erscheinungen, die unterirdischen Auswaschungen, alle diese Vorgänge gehören jetzt mit zu dem Kreislaufe des Erdbildungsmaterials und wenn dieser Kreislauf früher bestanden hat, wenn Kalk, Gyps, Sandstein früher in derselben Weise gebildet worden sind, so müssen auch früher die erwähnten unterirdischen Processe ihre Rolle dabei gespielt haben. Damit ist freilich nicht gesagt, dass sie genau dieselben Producte in derselben Menge geliefert haben müssen — der Umschwung der Materie ist nicht in eine und dieselbe Bahn eingeengt — der Kalk, der heute in einer Austerschale einen Theil des Jura ausmacht, kann zu einer andern Zeit in einem Zeolithen oder in der Zelle eines Gewächses sich befinden.

§. 1415. Indem wir diese Betrachtungen und Andeutungen schliessen, müssen wir noch auf einen Punkt aufmerksam machen. Wenn die kleinsten Molekularkräfte es sind, welche die grössten Wirkungen hervorbringen, so ist neben der Masse noch ein zweiter Factor nöthig: die Zeit. Jede Berechnung, wie wir sie auch anstellen mögen, führt uns in den geologischen Processen auf wahrhaft unermessliche Zeiträume; was nur einen verschwindend kleinen Theil des Erdmaterials ausmacht, bedarf zu seiner Bildung, Zertrümmerung und Neubildung Zeitmaasse, von welchen wir uns keinen Begriff mehr machen können. Wenn irgend Fehler in Betrachtung der Vorgänge bei der Erdbildung, bei dem Aufbau ihrer Schichten gemacht werden, so lassen sie sich meist darauf zurückführen, dass man die Zeit, welche diese Vorgänge nöthig hatten, zu gering anschlug. Es genügt, auf diesen Punkt aufmerksam gemacht zu haben.

Um zu zeigen, wie die verschiedenen Processe zur Hervorbringung der einzelnen Mosaikstücke gewirkt haben mögen, welche die Oberfläche der Erde zusammensetzen, geben wir hier eine Skizze der geologischen Zusammensetzung Deutschlands.

Geologische Architektur Deutschlands und der Schweiz.

§. 1416. Die Vertheilung der Gebirgsgruppen im Grossen und den Einfluss derselben auf das menschliche, thierische und pflanzliche Leben zu schildern, ist eine zu umfassende Aufgabe, als dass wir hier mehr als Andeutungen geben können. Nach der Oberflächenbildung kann man wohl drei Abtheilungen auf dem deutschen Boden unterscheiden: das nordische Tiefland, das mittlere Hügelland und das südliche Gebirgsland, das vorzugsweise von der Alpenkette gebildet wird. In Beziehung auf die geologische Structur zeigt sich in dem Tieflande und in dem Alpenlande ein gewisser gleichförmiger Charakter, der über die

ganze Gegend ausgebreitet ist; freilich mit dem Unterschied, dass das Tiefland in dieser gleichförmigen Bildung zugleich grosse Monotonie, das Alpenland dagegen die grösste Mannigfaltigkeit der äussern Oberflächenform zeigt. Hinsichtlich des Mittellandes ist es schwer, grössere Gruppen aufzustellen, welche einzelnen geologischen Epochen oder bedeutenderen durchgreifenderen Bildungen entsprächen. Die Zerstückelung, welche der politische Charakter Deutschlands war, spricht sich ebenso in der Mannigfaltigkeit der geologischen Bildungen des Mittellandes aus.

Das **norddeutsche Tiefland** bildet nur einen Theil jenes weiten Tieflandes, das sich längs den Ufern der Nord- und Ostsee von Holland durch Norddeutschland nach Polen und Russland hinein erstreckt. Es wird nach Süden hin von den Vorhügeln der Ardennen und des rheinischen Schiefergebirges durch eine Linie begrenzt, welche sich von Calais über Brüssel nach Cöln, Düsseldorf, Wesel, Hamm, Rheina, Fürstenau, Hannover, Braunschweig, Dessau, Leipzig, Torgau und Glogau wegzieht, dem Laufe der Oder nach bis gegen Brieg hin vordringt und dann über Kalisch und Warschau nach Lublin und Lemberg sich weiter fortsetzt. Es sind also das rheinische Schiefergebirge, der Teutoburgerwald, das Wesergebirge, der Harz mit seinen Vorhügeln bei Magdeburg, die Vorhügel des Erzgebirges, der Oberlausitz, des Riesengebirges, der Sudeten und der Höhenzug von Tarnowitz, Trepnitz und Sandomir, welche dieses Tiefland nach Süden hin begrenzen. Einzelne Buchten strecken sich bei Cöln, Münster, Leipzig und Breslau bis tief in die Zwischenräume der genannten Gebirgsketten hinein, die in dem Wesergebirge und den Vorhügeln des Harzes am weitesten nach Norden hin vorspringen. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Tieflande der Lauf der Flüsse, der sich in zwei grösseren Richtungen spaltet; einerseits der Hebungsrichtung des Harzes, andererseits derjenigen des rheinischen Schiefergebirges entsprechend. Ohne Zweifel sind die festeren Gebirgsschichten, welche in der Tiefe den Boden bilden und von neueren Ansammlungen überlagert sind, diesen Hebungsrichtungen nach gefaltet und theilweise zerrissen. Das Elbthal, von der Mündung bis zur Einmündung der Havel, die Depression, in welcher die Eisenbahn von Wittenberg über Berlin nach Frankfurt an der Oder läuft, und der Oderlauf von Frankfurt bis Oppeln zeigen ohne Zweifel eine der bedeutendsten Sprunglinien an, welche, der Richtung des Harzes folgend, in dem nordischen Tieflande sich bemerklich macht. Dieser Riss ist auch dadurch bezeichnet, dass bei Rüdersdorf, in der Nähe von Berlin und bei Lüneburg ältere Gebirgsschichten, dort Muschelkalk, hier Keuper und Kreide, aus den mächtigen Geschiebmassen der Ebene auftauchen. Die erfolgreichen Bohrungen nach Salz auf diesen Bruchlinien haben das Fortstreichen der Muschelkalk- und §. 1417.

Salzthonschichten in der Tiefe nachgewiesen. In der Insel Helgoland treten im Verfolg dieser Linie ebenfalls ältere Schichten zu Tage. Durch die Kreidelager, welche an der Insel Rügen und an den dänischen Inseln hervortreten, wird eine zweite Parallellinie angedeutet, die aber grösstentheils von dem Meere überdeckt ist. Zwischen beiden in der Mitte liegt eine Hochebene, welche einerseits dem Laufe der Elbe, andererseits demjenigen der Netze und der Weichsel von Bromberg an entsprechend sich hinzieht, und die sogenannte Seeplatte darstellt, die in ihrer höchsten Höhe 400 Fuss über dem Meere erreicht und eine Menge kleiner, oft sehr tiefer kesselförmiger Seen zeigt. Mit Ausnahme der oben erwähnten vereinzelten Vorkommnisse von älteren Schichten ist der ganze Boden dieses nordischen Tieflandes aus Sand, Kies, Mergel und Sandlehm zusammengesetzt, die durchaus neueren Formationen angehören. Auf diesen Anschwemmungen lagern die erratischen Findlingsblöcke, die aus Scandinavien und weiter östlich von Finnland und den russischen Ostseeprovinzen auf Eisflötzen herüberkamen und an vielen Orten die einzige Quelle zur Ausbeutung von Bausteinen liefern. Für den Geologen sind diese Gesteine, namentlich in der Mark Brandenburg, deshalb interessant, weil er aus ihnen sich fast eine vollständige Sammlung der in Scandinavien vorkommenden silurischen Versteinerungen sammeln kann. Da, wo die Diluvialgebilde der Oberfläche aus Thon und Mergel bestehen, sammeln sich die Gewässer oft an und bilden Torfmoore und sogenannte Marschen. An einigen Orten finden sich darin Kieslager, die fast nur aus Kieselschalen von fossilen Infusionspflanzen bestehen.

Unter der Diluvialdecke breitet sich die norddeutsche Braunkohlenformation aus, die nur in der Nähe der Gebirgsränder zu Tage geht, sonst aber durch bergmännischen Betrieb eröffnet werden muss. Das wesentlichste Product der alten Tannenwälder, welche zum Theil diese Braunkohlen gebildet haben, ist der Bernstein, der, von dem Meere ausgewaschen, an die Küsten geworfen wird. Durch den bergmännischen Betrieb hat man sich überzeugt, dass das Braunkohlengebirge durchaus nicht flach und eben hinstreicht, sondern überall Sättel und Mulden bildet, also ein Hügelland darstellen würde, wenn nicht die neueren Anschwemmungen diese Wellenbiegungen verdecken würden.

§. 1418. Suchen wir uns nun die Bildung des deutschen Mittellandes nach geognostischen Gruppen klar zu machen, so dürfte man als Hauptpfeiler der ganzen Architektonik des Bodens vier Gebirgsgruppen erkennen, die theils in ihrem Umkreise, theils innerhalb ihres Umfanges selbst Structur und Relief des Bodens bedingen und dem Ganzen einen bestimmten Charakter aufdrücken. Als grösstes einheitliches Ganzes stellt sich im Nordwesten das rheinische Schiefergebirge dar, an welches von allen Seiten her die jüngeren Formationen sich anlehnen.

Nicht minder selbständig zeigt sich im Norden der Harz als geschlossenes Kerngebirge mit vielfachen parallelen Rissen und Aufbrüchen, die sich durch das Wesergebirge nach Westen erstrecken. Als gewaltigen Gebirgsring stellt sich im Westen die zusammengehörige Masse des Fichtel- und Erzgebirges, des Riesengebirges, des mährischen Gebirges und des Böhmerwaldes dar, die als Ausläufer den Thüringerwald nach Westen entsendet. Endlich zeigt sich im Südwesten als bestimmender Kern das Kettenpaar der Vogesen und des Schwarzwaldes, von welchem aus das Albgebiet dem Donaulaufe entlang sich nach Osten erstreckt. Es umschliessen diese Gebirge ein höchst unregelmässiges mittleres Hügelland, welches muldenartig von jüngeren Gebirgsschichten überlagert und dann noch von vulcanischen Gesteinen vielfach durchbrochen wird.

Was nun zuerst das rheinische Schiefergebirge betrifft, so ist dieses schon in den Abschnitten der silurischen und devonischen Gebilde näher charakterisirt worden: es bildet vielfache Wellenbiegungen der älteren silurischen und devonischen Gesteine, von denen die jüngeren Schichten sich muldenförmig in den Biegungen der älteren abgelagert haben; das Plateau selbst steigt nur wenig über die Meeresfläche empor; es wird an vielen Stellen durch die Vulcane der Eifel, die Trachyte des Siebengebirges, die Basalte des Westerwaldes und Vogelsberges durchbrochen. Die Grenzen dieses ziemlich einförmigen Plateaus, das besonders an Eisenerzen an einigen Orten sehr reich ist, sind merkwürdig durch die successive Anlagerung der jüngeren Formationsgebilde. Im Norden wird die Grenze von dem belgischen und westphälischen Kohlenzuge, im Süden von dem pfälzischen Kohlenbecken gebildet, die an den betreffenden Orten näher beschrieben wurden. Als besondern Charakter kann man im Norden das Fehlen der permischen, triasischen und jurassischen Formationen bezeichnen, indem die Kohlengebilde direct von der Kreide überlagert werden. Im Süden ist die Succession regelmässiger; der Geologe, der von Trier über Luxemburg nach Verdun oder über Saarbrück und Metz nach Bar-le-Duc geht, durchschneidet successiv von dem Kohlengebirge an mächtige triasische und jurassische Ablagerungen, die weiter gegen Paris zu von den jüngeren Formationen überdeckt werden. Die östliche Südgrenze des Plateaus, der Südabfall des Taunus, wird von den Schichten des Mainzer Tertiärbeckens, die Ostgrenze von den Triasschichten des innern Landes eingefasst, an deren Rande hier und da das permische System hervortritt. Der Geologe, welcher sich von der Formation des ganzen Gebildes eine Uebersicht verschaffen will, wird namentlich in der Umgegend von Lüttich und Essen die Kohlenformation, in der Eifel die devonischen Kalksteine und die Vulcane, in Saarbrück das innere pfälzische Kohlenbecken genauer untersuchen. §. 1419.

§. 1420. Der Harz bildet ein halbelliptisches Masseugebirge, das seiner grössten Axe nach im Norden fast in Form einer geraden Linie abgeschnitten ist und dessen Kern aus erzführender Grauwacke besteht, welche sich um zwei an der nördlichen Grenze befindliche granitische Kuppen, den Brocken und den Ramberg, herumlagert. Von der südlichen Seite her, weniger steil ansteigend, zeigt er auch an der Südseite die Ueberlagerungen der jüngeren Schichten in regelmässigerer Folge als an der Nordseite, wo namentlich der Gürtel von Rothliegendem und Zechstein, der auf der Südseite durchgängig entwickelt ist, fast gänzlich fehlt. Nichtsdestoweniger ist die Nordseite des Harzes besonders deshalb interessant, weil dort ein kleines Becken existirt, welches an geringe Grauwackenhügel in der Nähe von Magdeburg und Haldensleben sich anlehnt, die eine Parallelfaltung des Bodens darstellen, welche in gleicher Richtung mit dem Harze streichen. In dieser kleinen Mulde, die man die braunschweigische nennen könnte, treten in verschiedenen Faltungen alle Formationen auf, die man überhaupt auf deutschem Boden finden kann, mit Ausnahme der Steinkohlenformation. Das Rothliegende und der Zechstein, der bunte Sandstein, Muschelkalk und Keuper, der Lias, der braune und weisse Jura, das Wäldergebirge, die sämmtlichen Gruppen der Kreideformation vom Hilsthon bis zum höhern Quadergebirge, die Tertiärbildungen der Braunkohlen, des Septarienthones, die Findlingsgesteine, die vom Norden her in diese Bucht eingedrungen sind, Torfbildungen und neuere Anschwemmungen finden sich alle auf dem Raume weniger Quadratmeilen zusammengedrängt, so dass man in wenigen Tagen alle diese Gesteinsschichten mehrmals zu Fusse durchkreuzen und ihre Verschiedenheit studiren kann. Da man etwa sechs parallele Erhebungslinien oder Faltungen in diesem kleinen Gebiete vom Raume einiger Quadratmeilen nachweisen kann, so bedarf es freilich zur Führung der Beihülfe genauer geologischer Karten, die aber auch gerade diesen Landstrich zu einem classischen für deutsche Geologie machen.

Den Erhebungslinien des Harzes folgen nach Westen hin die beiden Parallelketten des Wesergebirges und des Teutoburgerwaldes, welche in der Gegend von Osnabrück etwa sich zusammenschliessen. Es sind diese beiden Gebirge Faltungen der geschichteten Gesteine, durch welche aber meistens nur die jüngeren Formationen an die Oberfläche gekommen sind. Nur am äussersten Westende der Ketten bei Ibbenbüren und Osnabrück treten die tieferen Gebilde des Steinkohlengebirges und des Zechsteines hervor. Die eigentlichen Ketten sind von dem Juragebirge, dem Wäldergebilde, das namentlich im Deister und Süntel entwickelt ist, und den Kreideschichten gebildet. Es sind zwei Lippen, gleichsam eines gewaltigen gesprungenen Gewölbes, das im Innern die Triasbucht von Pyrmont einschliesst. Deshalb finden sich auch auf der ganzen Erstreckung des Wesergebirges die tieferen

jurassischen Schichten des Lias und der braune Jura an dem Südrande entwickelt, während Wäldergebirge nnd Kreide nach Norden hin aufgelagert sind. Der umgekehrte Fall findet an dem Tentoburgerwalde statt, wo die tieferen Schichten im Norden, die höheren im Süden sich anlagern. Besonders bemerkenswerth ist an diesem Gebirge der Durchbrnch der Weser an der Porta-Westphalica, der dem wandernden Geognosten einen dentlichen Durchschnitt durch sämmtliche Gebilde vom Kenper bis zu den Tertiärschichten giebt.

Der Gebirgsring, welcher die Thäler der Eger, der Moldan und §. 1421.
der obern Elbe fast im Kreise nmschliesst, wird in seinem nördlichen Theile hauptsächlich von dem Erz- nnd Fichtelgebirge auf dem linken Elbufer, von der Oberlansitz, dem Riesen- und Eulengebirge auf dem rechten Elbnfer gebildet. Ganz allgemeiner Charakter dieses nördlichen Gebirgszuges ist das allmälige Ansteigen ans dem nordischen Tieflande und der steile Abfall gegen das ringsumschlossene böhmische Becken. Das Erzgebirge nebst dem sich daranschliessenden Hochplateau des Voigtlandes und des Frankenwaldes bildet im Ganzen genommen eine geneigte Fläche, die wesentlich aus Gneiss, Granwacke und Glimmerschiefer besteht und so allmälig aus dem Tieflande sich erhebt, dass keine scharfe Abgrenzung zwischen seinen Vorhügeln und der nordischen Ebene stattfindet. Ein Saum von Porphyrhügeln erstreckt sich namentlich auf dem linken Ufer der Elbe bis zur Elster hin und scheint seine Fortsetzung in dem äussersten westlichen Ausläufer des ganzen Gebirges in dem Thüringerwalde zu finden. Auch an dem südlichen Fusse des Riesengebirges sind diese porphyrischen Gruppen bedentend, während in der Lausitzer Gegend hanptsächlich Granit die Vorhügel bildet. Dringt man von der Leipziger Bucht in südlicher Richtung vor, so steigt man allmälig auf ein grosses wellenförmiges, von gewundenen flachen Thälern durchschnittenes Grauwackengebiet, das silurische nnd devonische Versteinerungen enthält, vielfältig von Verwerfungsspalten durchzogen ist, hier und da Kalkeinlagerungen enthält, sonst aber wesentlich ans Grauwacke und Thonschiefer besteht, die an vielen Orten von Diabas, Grünstein, Diorit durchbrochen werden. Im Ganzen herrscht in diesem einförmigen Gebiete eine grosse Aehnlichkeit mit dem rheinischen Schiefergebirge, doch mit dem Unterschiede, dass hier das ganze Plateau sich an mehrere Granitkerne anlehnt, die sich in der Knppe des Ochsenkopfes und des Schneeberges bis zu mehr als 3000 Fuss über die Meeresfläche erheben. Die Umgegend von Wunsiedel bildet etwa den Kern dieses eigentlichen Fichtelgebirges, an welchen sich bedeutende Gneissmassen bei Hof anschliessen. Für den Geologen sind besonders die Ränder dieses Hochplateaus interessant; nach Norden hin nmsäumt der Zechstein das Ganze nnd seine Schichten fallen allmälig unter die Trias-

formation des thüringischen Beckens ein. Alle diese Schichten lagern sich in sanfter Neigung auf den allmäligen Abfall des Gebirges auf, und der Reisende, der von Lauterberg etwa dem Laufe der Saale über Saalfeld bis nach Rudolstadt folgt, durchschneidet auf diesem Wege nicht nur mehrfach die Versteinerungen führenden Schichten des Grauwackengebietes, sondern auch die permische Formation, den bunten Sandstein und den Muschelkalk, also den grössten Theil der triasischen Gebilde. Auf der Südseite finden andere Verhältnisse Statt. Die Schichten sind hier entweder äusserst steil aufgerichtet oder selbst so umgekippt, dass sie von der bairischen Hochebene aus gegen das Gebirge hin einfallen, und so den Gneiss und die Grauwacke zu unterteufen scheinen, ein Verhältniss, welches bei den Alpen in noch weit grösserm Maassstabe eintritt. Das permische System fehlt hier fast gänzlich, dagegen ist die Formationsfolge der triasischen Gebilde bis zu dem fränkischen Jura vollständig entwickelt.

Nach Osten hin geht das Plateau des Fichtelgebirges mit seinen umschliessenden krystallinisch-schiefrigen Gesteinen allmälig in das einförmige Massengebirge des Erzgebirges über, dessen höchste Spitzen fast bis zu 4000 Fuss über der Meeresfläche ansteigen. Die krystallinischen Schiefer, Thonschiefer und Gneiss, sowie Grauwacke bilden die hauptsächlichste Masse des Gebirges, die vielfach von Grünsteinen, Graniten, Porphyren und selbst von Basalt durchbrochen ist und stellenweise bedeutend viele Erzgänge enthält. Die Umgegend von Freiberg und Annaberg ist in dieser Beziehung vor anderen ausgezeichnet. Merkwürdig sind besonders die nördlichen Ränder dieses Gebirges; im Nordwesten erstreckt sich eine parallele elliptische Gebirgsmasse hin, das Granulitgebirge von Waldheim und Mitweida, von einem Gürtel von Glimmerschiefer umgeben, von Granit durchbrochen, nach Norden hin in die porphyrischen Vorhügel der Wurzener Gegend sich verlaufend und von dem Erzgebirge durch eine weite Mulde getrennt, die sich über Zwickau, Chemnitz und Hainichen hinzieht, und hauptsächlich von Steinkohlen und Rothliegendem ausgefüllt ist.

Der Nordostrand des Erzgebirges zeigt andere Verhältnisse, die besonders durch die Ausfüllung des Elbthales mit Kreidegebilden bedingt sind. Schon bei der Behandlung der Quaderformation wurde auf diese Bucht aufmerksam gemacht, die, von Oberau aus dem Laufe der Elbe folgend, sich bis tief nach Böhmen hinein über Königgrätz gegen Böhmisch-Tribau hin erstreckt, und nur von Quadergebirge und Pläner erfüllt ist. Es trennt diese Bucht den nordöstlichen Theil des Gebirgsringes, aus der Oberlausitz, dem Riesengebirge, dem Eulengebirge und dem mährischen Gebirge bestehend, von dem bisher beschriebenen westlichen Flügel. Die Lausitzer Granit- und Gneisszone erhebt sich allmälig gegen den Kamm des Riesengebirges hin, dessen Mittelpunkt von zwei elliptischen Granitmassen gebildet wird, die zwi-

schen Reichenberg und Schmiedeberg sich hinerstrecken und ein elliptisches Gebirge bedingen, dessen höchste Spitzen, wie die Schneekoppe, sich bis zu 5000 Fuss über die Meeresfläche erheben. Diese höchsten Kuppen sind von Glimmerschiefer gebildet, der mit Gneiss, Thonschiefer und Grauwacke einen Kranz um die Granitkuppen bildet. An den Rändern ist namentlich gegen Schlesien hin die Gesteinsfolge am vollständigsten entwickelt, indem Kohlenformation, Rothliegendes, Zechstein, bunter Sandstein, Muschelkalk, Quadersandsteine und Pläner einander folgen, bis endlich die Braunkohlen und die neueren Anschwemmungen die Schichten verdecken. Auf der südlichen Seite des Gebirges fehlen dagegen alle Spuren vom permischen, triasischen und jurassischen System, so dass die Quaderformation unmittelbar auf der Steinkohle auflagert.

Nach Süden hin wird der Gebirgsring von dem mährischen Hochgebirge und dem Böhmerwalde gebildet, die beide in ihrer innern Constitution nur sehr wenig bekannt sind. Sie bestehen hauptsächlich aus granitischen Kernen, an welche weite Gneissgebiete sich anschliessen, deren Südwestabhang namentlich deshalb interessant ist, weil dort fast die ganze Formationsfolge von der Grauwacke bis zum Jura entwickelt ist.

Besonders merkwürdig ist in dem erwähnten Gebirgsringe das böhmische Becken, das seinen einzigen Abfluss durch die Enge der Elbe zwischen Meissen und Pirna findet. Die ursprünglichste Ausfüllung dieses Beckens wurde durch die silurischen Schichten geliefert, die schon früher speciell beschrieben wurden. Auf diesen lagerten sich stellenweise Steinkohlen und Schichten von Rothliegendem ab, dann aber blieb das ganze Becken über Wasser und empfing keine weiteren Ablagerungen, bis dem Laufe der Elbe entlang die Kreidegewässer hineindrangen. Auf dem Quadersandstein und Pläner lagerten sich dann weite Schichten der Braunkohlenformation ab, die dann vielfältig von Basalt durchbrochen wurden. Dieses basaltische Mittelgebirge besteht aus einer Unzahl von Basalt- und Phonolithkuppen, die mit weiten geflossenen Basaltfeldern, mit Basalttuffen und Wacken im Zusammenhange stehen und dem Südabfalle des Erzgebirges entlang eine Zone bilden, die nach Nordosten hin über Zittau und Görlitz zwischen das Riesengebirge und die Lausitzer Berge sich gewissermaassen einkeilt. Der Braunkohlensandstein und die Braunkohlen selbst, sowie die tieferen Schichten der Kreide sind auf die mannigfaltigste Weise theils von den schwammartigen Basaltkuppen durchbrochen, theils von den weiten verflossenen Plateaus überlagert, und offenbar steht die ganze vulcanische Zone auf der Fortsetzung einer Linie, die schon durch die Vulcane der Eifel, des Westerwaldes, des Vogelberges und der Rhön angedeutet wird.

§. 1422. Als eine zusammengehörige Gebirgsmasse stellen sich im Südwesten Dentschlands der Schwarzwald nnd die Vogesen dar, welche einerseits in dem Odenwalde, andererseits in der Haardt ihre Ausläufer nach Norden finden. Eine tiefe Spalte, das mit neueren Geschieben ausgefüllte Rheinthal, trennt diese heiden Gebirgsketten, die sonst in ihrer Zusammensetzung grosse Aehnlichkeit zeigen. Allgemeiner Charakter dieser Ketten ist das steile Ansteigen der Gehänge von dem Rheinthale her und die allmälige Verflachung des wesentlich deutschen Gebirgszuges in das schwähisch-fränkische Hügelland, der Vogesen in die Ebenen von Lothringen. Der Kern des Gebirges ist hauptsächlich im Süden auf der Strecke von Basel nach Baden-Baden entwickelt. Er besteht aus Granit und Gneiss, die sich in den hedentendsten Höhen fast zu 5000 Fuss Meereshöhe aufschwingen. Nicht minder tritt auf der Strecke zwischen Heidelberg und Darmstadt in dem Odenwalde noch krystallinisches Kerngebirge, den Gipfel des Melibokus bildend, hervor, während in der entsprechenden Haardt keine Durchbrüche dieser Art beobachtet werden. Auf dem Granit nnd dem Gneiss ruht eine mächtige Sandsteindecke, Vogesensandstein und bunter Sandstein, auf welche von dem Gebirge ab die übrigen Glieder der Triasformation folgen, die auch in der tiefen Einsenkung des Gebirges zwischen Karlsruhe und Heidelberg, namentlich bei Bruchsal, Langenbrücken und Wisloch, bis an die Rheinebene vortreten. Besondern Aufschluss über die Bildnng des Gebirges geben dann noch die einzelnen Fetzen jüngerer Gebilde, welche steil aufgerichtet an dem Rande der Rheinebene hier und da sich finden und Zeugniss ablegen, dass in dieser Spalte triasische und jurassische Schichten sich absetzten, die freilich grösstentheils durch den Löss und die übrigen Anschwemmungen des Rheinthales überdeckt sind. Nicht minder merkwürdig ist der vulcanische Durchbruch des Kaiserstuhles, der aus dem Rheinthal in der Mitte aufragt nnd aus gewaltigen Doleritmassen mit Basaltdecken besteht. Der Geologe, welcher von dem Kaiserstuhle aus über den Schönberg bei Freiburg nach dem Feldberge, und von da über Bonndorf und Stuhlingen nach Schaffhausen geht, durchkreuzt zweimal die gesammte Formationsreihe des Jura und des Trias bis zu den Tertiärgebilden der Mollasse und des Lösses. Im Innern des Gebirges selbst sind die vielfachen Gletscherspuren und alten Seebecken bemerkenswerth.

§. 1423. Die Verbindung zwischen dem Schwarzwalde auf der einen und dem Böhmerwalde auf der andern Seite stellt eine lange, dem Laufe der Donau parallel streichende Gebirgskette her, welche von Regensburg aus nach Norden sich krümmt, um in der Nähe von Bamberg und Baireuth sich unter das mitteldeutsche Hügelland zu verlieren. Diese Gebirgskette ist die rauhe Alb oder der süddeutsche Jura, wesentlich verschieden von den bisher behandelten Gebirgsstöcken

durch ihre innere Bildung. Hier tritt uns kein hebender krystallinischer Kern entgegen; das ganze Gebirge ist gleichsam eine einzige von Süden und Osten her ansteigende Kalkplatte, die nach und nach sich erhebt und dann plötzlich mit einem steilen Absturze gen Schwaben und Franken sich einsenkt. Wir haben oben bei der Betrachtung des deutschen Jura die einzelnen Glieder desselben kennen gelernt und brauchen hier nur noch zu erwähnen, dass die nach Süden sich abflachende Böschung aus den höchsten Schichten der Jurareihe besteht, während die tieferen Glieder, brauner Jura und Lias, in der Tiefe an dem steilen Stirnrande der Alb hervortreten. Der Anschluss an den Böhmerwald und das Fichtelgebirge ist nicht vollständig, von Coburg aus schiebt sich zwischen beide eine Bucht des grossen Triasbeckens über Baireuth bis gegen Amberg hin ein.

Der innere Raum zwischen den beschriebenen Gebirgsgegenden §. 1424.
kann im Ganzen als die deutsche Triasmulde bezeichnet werden, indem in der That der grösste Theil des Bodens auf dieser ganzen Erstreckung von den drei Gliedern der Triasformation, dem bunten Sandsteine, dem Muschelkalke und dem Keuper, gebildet wird. In dieser Erstreckung kann man aber wieder drei untergeordnete Becken unterscheiden, welche durch den bunten Sandstein, der die Basis der Triasmulden herstellt, von einander getrennt werden: das grosse süddeutsche Becken, begrenzt von der Erhebungslinie des Thüringerwaldes und deren Fortsetzung gegen Westen, und im Norden des Thüringerwaldes östlich das thüringische Becken, westlich das waldecksche Becken, beide getrennt von einander durch die Erhebungslinie des Sollings. Wie man sieht, ist es hauptsächlich der Sporn des Thüringerwaldes, welcher diese Becken von einander trennt; es bildet dieser einen schmalen, scharfbegrenzten Ausläufer des Fichtelgebirges, der in seinem höchsten Punkte 3000 Fuss über dem Meere erreicht und wesentlich aus einem Kerne von Granit und Porphyr gebildet ist, der durch eine Zunge von Rothliegendem in der Mitte in zwei Theile getheilt ist. Vielfache Durchbrüche verschiedener Gesteine finden sich in dem mannigfaltig verworfenen Kerne dieses Gebirges, welches auf allen Seiten von Rothliegendem und von Zechstein umsänmt ist, die dann unter die allgemeine Sandsteindecke einschiessen.

Ueber die drei verschiedenen Triasbecken, welche wir oben bezeichneten, ist wenig zu sagen. Der Muschelkalk liegt muldenartig im bunten Sandstein, der Keuper wieder in gleicher Lagerung auf dem Muschelkalke, und die beiden nordischen Becken sind so vollkommen ausgebildet, dass man Blomberg als den Mittelpunkt des waldeckschen, Erfurt als denjenigen des thüringischen Beckens bezeichnen kann. Eine eigenthümliche Erscheinung stellt in der Mitte des waldeckschen Beckens das rundliche Erhebungsthal von Pyrmont vor, in dessen Tiefe

der bunte Sandstein rings von Muschelkalk umsäumt zu Tage dringt. Das grosse schwäbisch-fränkische Becken ist eigentlich nur der Flügel eines solchen, indem der Muschelkalk und dann der Keuper in regelmässiger Folge sich an den bunten Sandstein des Spessarts und des Hessenlandes anlehnt. Eine von Eberbach am Neckar über Fulda nach Schmalkalden gezogene Linie läuft fast nur im bunten Sandsteine, und der Geologe, der in südöstlicher Richtung von dieser Linie ausgeht, wird, bis er den Lauf der Donau erreicht, sämmtliche Trias- und Juragebilde in einfacher Folge durchkreuzen; den Gegenflügel dieser Mulde bilden sicher erst die an dem Nordrande der Alpen steil aufgerichteten Triasschichten.

Besonders eigenthümlich sind noch in dem Raume zwischen Main und Weser die vielfachen basaltischen Durchbrüche, welche besonders in dem Vogelsberge und der hohen Rhön zu grösseren Massen zusammenschiessen, sonst aber eine Menge einzelner Kuppen bilden, die theils durch den bunten Sandstein, besonders aber durch die Braunkohlenablagerungen, welche überall auf der Triasmulde auflagern, durchgebrochen sind. Das Vogelsgebirge bildet die grösste zusammenhängende Masse, die in dem Taufsteine und der Feldbrücker Höhe einen Mittelpunkt zeigt, der sich 2500 Fuss über das Meer erhebt und von welchem aus nach allen Seiten schmale Radienthäler auslaufen. Die Erhebungslinie des Thüringerwaldes giebt sich in dieser basaltischen Gegend auch durch die aus dem Sandstein auftauchenden Zechsteingebiete bei Rothenburg, Richelsdorf, Witzenhausen und Allendorf an der Werra zu erkennen.

§. 1425. Der Lauf der Donau von ihrem Ursprunge bis nach Wien und eine in der Richtung der obern Donau fortgesetzte Linie, die über Schaffhausen, Solothurn, Neuenburg und Genf geht, scheidet das Alpengebiet von dem übrigen Deutschland ab. Die gewaltige Gebirgskette der Alpen, welche die Scheidemauer zwischen Italien und Deutschland bildet, gehört nur ihrem östlichen Theile nach zu letzterm Lande; sie zieht sich nach Westen hin durch die Schweiz und Savoyen, indem sie sich im Bogen um Piemont herumkrümmt und in dem Golf zwischen Toulon und Genua das Meer erreicht. Im Montblanc schwingt sie sich zu 4810 Meter Höhe hinan. Die Structur dieser ganzen Kette ist eine äusserst verwickelte; sie besteht aus einer Reihe staffelartig an einander geschobener Granitkerne, um welche herum sich Gürtel von Gneiss und krystallinischen Schiefern schlingen, die auf beiden Seiten von mächtigen Kalkschichten, der Jura- und Kreideformation angehörig, und dann von den tertiären Lagern der Mollasse eingeschlossen werden.

Die Mollasse ist namentlich im Norden entwickelt und füllt den ganzen Raum zwischen Jura und Donau auf der einen Seite und den

Kalkalpen auf der andern Seite aus, deren Erstreckung etwa durch eine Linie angedeutet wird, die man von Wien über Salzburg, St. Gallen, Luzern und Genf ziehen kann. Dieses vielfach von vielen Flussthälern durchfurchte Plateau zeigt einen allgemeinen Oberflächenabfall gegen die Donau und die Aar hin, und bildet mit seinen steil aufgerichteten Schichten den äussern Gürtel des Gebirges. Fernere eigenthümliche Charaktere des Alpengebirges bildet die Entwickelung der Nummulitenschichten und des Flysches, die Umwandlung der Kreideschichten in feste Kalke, welche der mittelländischen Kreide sich anschliessen, die vielfache Faltung der Jura- und Triasschichten, die ganz isolirt dastehende Ausbildung der letzteren durch massenhafte Dolomite und die meerischen Aequivalente des Keupers und der Lettenkohle, die Umwandlung der Gesteine, besonders der Jura- und Kohlenformation zu krystallinischen Schiefern und Anthracitgebilden, und das Einfallen aller dieser Formationen gegen die Kerne hin, so dass längs derselben eine gewaltige Spalte existirt haben muss, in welcher die Schichten gleichsam abgekippt wurden. Bemerkenswerth ist auch noch die Ausstreuung der erratischen Gebilde in dem ganzen Umkreise der Alpen, welche durch die mächtige Ausdehnung der Gletscher in früheren Zeiten bedingt wurde.

Das heutige Deutschland besitzt in den bairischen Alpen, welche ihm allein angehören, keine jener krystallinischen Kerne, welche die Hebungsmittelpunkte des Gebirges darstellen; in dem erwähnten Stücke sind nur in gewaltiger Weise die Nebenzonen entwickelt, welche grösstentheils den jurassischen, Kreide- und Nummulitengesteinen angehören. Im Ganzen unterscheiden sich die beiden Nebenzonen dadurch, dass in der nördlichen die Mollasse in grosser Breite und ununterbrochen von Chambéry bis Wien entwickelt ist, während sie in der südlichen Nebenzone nur in sehr beschränkter Ausdehnung und stellenweise sich zeigt. Zugleich sieht man eine entschiedene Opposition zwischen Ost und West; im Westen sind es die jüngeren Formationen, welche in den geschichteten Gürteln die Oberhand haben, während nach Osten hin die älteren Schichtensysteme, besonders Trias, wenn nicht überwiegen, so doch eine bedeutende Rolle spielen. Fast allgemein ist der Südabhang der Alpen gegen die norditalienische, von Schuttmassen grossentheils erfüllte Ebene hin weit steiler als der Nordabhang.

Man hat im Alpengebirge folgende Centralmassen unterschieden: §. 1426.

1. Ligurische Alpen. Der Kern stösst zwischen Savona und Genua an den Apennin an; grösste Höhe im Monte Mondoli 2440 Meter.

2. Seealpen. Kerne aus Protogin in der Nähe des Col di Penda; Cima di Gelas des Mont Clapier 3380 Meter.

3. Cottsche Alpen. Mont Viso der Mittelpunkt; aus Serpentin und Gneiss gebildet.

4. Grajische Alpen. Mont Pourri 3910 Meter; Protogin und Gneiss.

5. Sesiamasse. Eine kleine Gneissmasse am Quellenbezirk der Sesia.

6. Monte Rosa. Gneiss, Glimmerschiefer, Serpentin; Monte Rosa 4625 Meter.

7. Pelvoux oder Oisans. Granit, Grand Pelvoux 3954 Meter; Pic des Ecrins 4103 Meter.

8. Vannoise. Kern am Mont-Cenis bei Lanslebourg.

9. Walliser Masse. Besonders Protogin (Arkesin); Weisshorn 4514 Meter; Mont Combin 4308 Meter.

10. Simplon. Granit; Rymfischhorn 4220 Meter; Monte Leone am Simplon 3565 Meter.

11. Les Rousses. Gneiss; Grandes Rousses (Pic d'Etendard) 3629 Meter.

12. Westalpen oder Belledone. Taillefer 2861 Meter; Pic de Belledone 2982 Meter.

13. Monthlanc. Protogin 4810 Meter.

14. Aiguilles rouges. Granit; Brévent 2552 Meter.

15. Finsteraarhorn. Granit und Glimmerschiefer.

16. Gotthard. Granit; Cima Comadra 3178 Meter.

17. Tessin. Gneiss; Pizzo Forno 2908 Meter.

18. Adula. Gneiss und Glimmerschiefer; Rheinwaldhorn 3398 M.

19. Sureto. Gneiss; Tambohorn am Splügen 3276 Meter.

20. Vier Seen. Granit; Monte Camoghé 2839 Meter.

21. Bernina. Granit und Syenit; Piz Bernina 4052 Meter.

22. Adamello. Syenit; Monte Adamello 3614 Meter.

23. Selvretta. Gneiss und Hornblendeschiefer; Piz Linard 3416 Meter.

24. Stelvio. Gneiss und Gneissgranit; zwischen Münsterthal und Stilfser Joch.

25. Oetzthaler Ferner. Gneiss nnd Glimmerschiefer; Wildkogel 3773 Meter; Weisskogel 3747 Meter.

26. Ortles. Gneiss und Glimmerschiefer; Ortles 3905 Meter.

27. Trientiner Alpen. Porphyr und Melaphyr.

28. Tauern. Granit und Schiefer; Grossglockner 3949 Meter; Gross Venediger 3575 Meter.

29. Ankogel 3250 Meter. Gneiss und Glimmerschiefer.

30. Drau. Gneiss; Weissenbacher Spitze bei Lienz; 3278 Meter.

31. Carnische Alpen. Gneiss und Glimmerschiefer; Burkenkogel 2900 Meter.

32. Hochgolling. Granit und Gneiss.

33. Gurk. Gneiss und Glimmerschiefer; Eisenhut 2440 Meter.

34. Kärnther Alpen. Gneiss; Wenzelkogel 2140 Meter bei Judenburg.

35. Bacherwald. Gneiss; Bacherberg 1550 Meter.

36. Sömmering. Granit; Wechselberg 1680 Meter.

Alle diese verschiedenen Centralkerne sind von mehr oder minder breiten Zonen von Schiefern und Kalkgesteinen umsäumt und bieten in ihrem Innern zum grossen Theile die Fächerstructur. Häufig ist die Trennung nur durch ein sehr schmales Thal bezeichnet, dessen Boden von senkrecht gestellten Schiefern, die eine zusammengepresste Mulde bilden, erfüllt ist. So das Thal von Chamouny zwischen Montblanc und Aiguilles rouges, das von Urseren zwischen Gotthard und Finsteraarhornmasse.

Näher auf ihre Structur einzugehen, verbietet der Raum. Wir verweisen in dieser Hinsicht auf Desor, der Gebirgsbau der Alpen. Wiesbaden 1865.

II. Paläontologische Entwickelung.

Die Entwickelungsgeschichte der Organismen auf der Erde durch die verschiedenen Schöpfungsepochen hindurch zu verfolgen, ist eine Aufgabe, welche um so mehr ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten besitzt, als die Paläontologie noch eine sehr junge Wissenschaft ist, deren Principien erst seit wenigen Jahren festgestellt werden konnten. Die Bestimmung der Versteinerungen an sich bietet schon eine erste und wesentliche Schwierigkeit dar, da der Natur der Sache nach nur in äusserst seltenen Fällen Spuren der Weichtheile eines Thieres erhalten wurden, sonst aber lediglich das Skelett und die festen Theile des knöchernen Gerüstes oder der Schale übriggeblieben sind. Je mehr indess die Kenntniss der jetzt lebenden Schöpfung zunimmt, je mehr man namentlich bei den für die Geologie so unendlich wichtigen Weichthieren einzusehen beginnt, dass die Organisation der Schale nur ein höchst secundäres Moment für die Organisation dieser Thiere im Allgemeinen bildet, und dass durch Structur und Lebensweise sehr verschiedene Thiere ganz ähnlich geformte Schalen besitzen können, dass andere in der Jugend mit Schalen versehen sind, welche sie im Alter abwerfen, desto mehr wird der Paläontologe zur Vorsicht hinsichtlich der Bestimmung der in den Schichten der Erde aufbewahrten Reste aufgefordert. §. 1427.

Der Begriff der Art (*species*), auf welchem unsere ganze gegenwärtige Zoologie beruht, kann nur in der Weise richtig aufgefasst werden, als er sich eben aus Beobachtung der lebenden Natur ergiebt. Zu einer und derselben Art gehören, dem heutigen Stande der Wissen- §. 1428.

schaft gemäss, alle Individuen, welche von gleichen Eltern abstammen, und die selbst oder durch ihre Descendenten den Stammeltern wieder ähnlich werden. Dieser Definition zufolge kann man demnach nur durch die Beobachtung der Entwickelungsphasen eines thierischen oder pflanzlichen Organismus mit völliger Sicherheit bestimmen, welcher Art derselbe angehöre. Die Feststellung der Art in dieser Weise wäre sonach für die Versteinerungen durchaus nicht möglich, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil Niemand ihre Entstehnng oder ihre Fortpflanzung beobachten konnte. Allein auch dem Zoologen, welcher sich mit der lebenden Natur beschäftigt, wird diese Feststellung der Art in der angedenteten Weise meistens unmöglich, nnd man ist deshalb genöthigt, zu anderen Charakteren seine Znflucht zu nehmen, um die Arten unterscheiden zu können.

§. 1429. Die Anwendung dieser Unterscheidnngscharaktere ist es hauptsächlich, welche den Streit der Naturforscher über den engeren oder weiteren Begriff der Art bedingt; ein Streit, der gerade in dem Falle endlos ist, wenn keine Beobachtungen über die Fortpflanzungsweise der betreffenden Organismen angestellt werden können. Ohne diese lässt sich in der That der Streit durchaus nicht entscheiden, da während der Entwickelungszustände der niederen Thiere besonders die Unterscheidungscharaktere oft auf das Mannigfaltigste wechseln. Nicht nur giebt es bei der grossen Mehrzahl des Thierreiches ganz erstannliche Verwandlnngen, welche dasselbe Thier in seinen verschiedenen Lebensepochen betreffen, sondern es finden sich auch, namentlich bei den niederen Thieren, Fortpflanzungsverhältnisse, durch welche den Eltern durchaus unähnliche Junge erzeugt werden, nnd erst nach Verfluss mehrer Generationen der Typus der Eltern zurückkehrt. Wer würde glauben, dass eine Raupe und der daraus hervorgegangene Schmetterling ein und dasselbe Individuum sind, wenn man nicht deren allmälige Verwandlung beobachtet hätte? Und nm nur ein Beispiel aus der fossilen Welt anznführen, wer würde ahnen können, dass die ersten Entwickelungszustände der *Sao hirsuta*, eines Trilobiten ans den böhmischen Schiefern, dem entwickelten Zustande desselben Thieres entsprächen, wenn nicht Barrande alle Zwischenstufen zusammengestellt und gezeigt hätte, wie die Ringe des Körpers sich allmälig vermehren, die einzelnen Theile eine andere Gestalt annehmen, verschiedene Ornamente, wie Stacheln, Höcker u. s. w., auswachsen. In diesem, wie in hundert ähnlichen Fällen, haben frühere Beobachter, welche die verbindenden Zwischenstufen nicht kannten, ans einzelnen ihnen bekannten Zuständen auch eben so viele Arten gemacht, ohne dass man ihnen deshalb einen weitern Vorwurf machen könnte, weil sie nach dem damaligen Stande der Kenntnisse handelten, dem zufolge die vorgefundenen Unterschiede zur Aufstellung verschiedener Gattungen und Arten genügten.

Man sieht hieraus, dass selbst bei denjenigen Thierarten, wo die Metamorphosen innerhalb des Kreises desselben Individuums beschränkt bleiben, die Begrenzung derjenigen Charaktere, welche als Arten-unterscheidend angesehen werden müssen, eine sehr schwankende und unzuverlässige ist. Jede neue Beobachtung über Abänderung dieser Charaktere im Laufe der Entwickelung einer einzigen, verwandten Art lässt die Anwendung dieser Charaktere als unzuverlässig erscheinen. Noch vermehrt wird diese Unsicherheit, wenn die fossilen Gruppen, zu denen eine vorgefundene Versteinerung gehört, auch nur eine historisch begrenzte Existenz hatten, wie z. B. die Trilobiten, die Ammoniten u. s. w. Wir kennen in der Jetztwelt so viele merkwürdige Verschiedenheiten zwischen den Entwickelungsstufen, zwischen den Geschlechtern (Männchen und Weibchen vieler Krebse, Würmer u. s. w.), dass hier kaum ein sicherer Anhaltspunkt sich finden lässt. Wie sehr muss aber diese Unsicherheit noch erhöht werden, wenn die Metamorphosen nicht auf das Leben des Individuums sich beschränken, sondern wenn die Art erst aus einer Reihe von Individuen verschiedener Bildung zusammengesetzt wird?

Wenn die Medusen z. B. Eier legen, aus welchen sich infusorienartige Junge entwickeln, die sich festsetzen und Polypen werden, so könnte man dieses noch mit der Metamorphose der Insecten vergleichen. Allein diese Polypen verwandeln sich niemals in Medusen, sie leben fort, vermehren sich durch Sprossen und eiähnliche Knospen, und erzeugen nur von Zeit zu Zeit seitliche Auswüchse, welche allmälig sich ausbilden, losreissen und als Medusen davonschwimmen. Wie soll man bei diesen und ähnlichen Verhältnissen, welche die heutige Wissenschaft unter dem Namen des Generationswechsels zusammenfasst, den Begriff der Art feststellen und die Charaktere abmarken, die derselben zugehören, wenn man nicht fortlaufende Beobachtungen über diese Entwickelungszustände besitzt?

Die äusseren Einflüsse aller Art, welche auf einen Organismus §. 1430.
einwirken können, sind im Stande, die Charaktere desselben einigermassen zu verändern. Man hat viel und ausführlich über die Umgestaltungen der zoologischen Charaktere gestritten, welche durch Veränderungen der Lebensweise, des Klimas, des Wohnortes und der Nahrung, sowie durch den Kampf um das Leben im Allgemeinen erzeugt werden können. Die Veränderungen, welche durch verschiedene Klimate, veränderte Nahrung, sowie durch Kreuzung mit besonders ausgezeichneten Stammältern erzeugt werden können, sind in manchen Fällen gewiss so bedeutend, als die Unterschiede, welche man für hinlänglich hält, um fossile Arten darauf zu gründen. Freilich wird es wohl in unseren Zeiten keinem Zoologen mehr einfallen wollen, Arten unter den Säugethieren zu unterscheiden, die nur durch Farbe, Grösse,

Haarwuchs, nicht aber durch gewisse Charaktere im Skelett und im Zahnbau festgestellt werden können. Aber auch in diesem Gebiete beweisen die zahlreichen Discussionen über die verschiedenen Luchse, Füchse, Hasen u. s. w., dass selbst bei frei lebenden Thieren der Jetztwelt noch vieles Schwanken in Feststellung der Artcharaktere herrscht. Gehen wir aber wieder zur Betrachtung der durch Cultur und Züchtung veränderten Arten, so stellen sich fast unlösliche Schwierigkeiten entgegen. Die Verschiedenheiten in Farbe, Grösse, Skelett und Zahnbau, welche bei zwei so gründlich getrennten Arten, wie dem Esel und dem Pferde, sich zeigen, sind bei Weitem nicht so gross, als diejenigen Verschiedenheiten, welche Züchtung und Cultur zwischen den Poneys und den Brauerpferden, die doch sicherlich Sprossen einer einzigen Art sind, hervorgebracht haben. Und diese Verschiedenheiten, wenn wir sie nur an fossilen Schädeln und Skeletten fänden, würden sicher hinreichen, um in den Augen jedes Zoologen und Paläontologen die Aufstellung verschiedener Arten zu rechtfertigen. Freilich kann man einwenden, dass menschliche Cultur und Züchtung nicht auf die Arten der Vorwelt einwirken konnten, aber damit ist die Möglichkeit nicht abgewendet, dass ähnliche Einflüsse statthaben, und eine Veränderung herbeiführen konnten, die uns jezt zur Aufstellung verschiedener Arten genügend scheint.

§. 1431. Diese Möglichkeit der Veränderung ist nun allerdings durch die sogenannte natürliche Züchtung, welche Darwin in die Wissenschaft einführte, gegeben. Das Leben selbst ist eine beständige Concurrenz, ein Kampf um seine Bedingungen; derjenige Organismus, welcher am besten zu diesem Kampfe ausgerüstet ist, wird sich die Lebensbedingungen am leichtesten schaffen, also länger leben, leichter sich fortpflanzen. Da das Product der Fortpflanzung ein Theil des fortpflanzenden Organismus oder der beiden fortpflanzenden Organismen (bei der geschlechtlichen Zeugung) ist, so müssen auch diese Producte die Eigenschaften der Erzeuger theilen — mit anderen Worten, die Charaktere müssen vererbt, die Jungen den Eltern ähnlich werden. Es werden also auch namentlich diejenigen Charaktere vererbt werden, welche den Eltern im Kampfe um das Dasein nützlich waren — einerlei, ob dies passive oder active Waffen in diesem Kampfe sind. Während wir bei der künstlichen Züchtung durch Auswahl der Stammthiere, Ernährung etc. im Laufe der Generationen diejenigen Veränderungen in stets erhöhtem Maasse hervorzubringen suchen, die uns vortheilhaft sind, vermehrt die natürliche Züchtung diejenigen Eigenschaften und Veränderungen, die dem Organismus selbst im Kampfe um das Leben vortheilhaft sind. Deshalb sind auch diese Anpassungen, welche vererbt werden, in den meisten Fällen auch Vervollkommnungen des Organismus. In der That besteht die Vervollkommnung im organischen

Bau wesentlich in der zunehmenden Theilung der Arbeit und der Beschaffung besonderer Organe für diese getheilte Arbeit, wodurch dieselbe besser und mit weniger Aufwand von Zeit und Kraft bewältigt wird. Doch geschieht dies nicht in allen Fällen; wenn z. B. die Anpassung an eine sitzende Lebensart, Schmarotzerleben u. s. w. den Verlust von Sinnes- und Bewegungsorganen bedingt, so ist dies kein Fortschritt in der Organisation, sondern eher eine rückschreitende Metamorphose. Doch sind dies nur Ausnahmen und im Allgemeinen bedingt die natürliche Züchtung nnd die von ihr herbeigeführte allmälige Umänderung eine Vervollkommnung des Organismus durch Vererbung der im Kampfe ums Leben in Folge der Anpassung erworbenen Charaktere.

Es lässt sich nicht leugnen, dass bei der Betrachtung der einzelnen, auf einander folgenden Schöpfuugen, wie sie in der Erdgeschichte sich erkennen lassen, eine Menge von Thatsachen uns entgegentreten, die eine allmälige Vervollkommnung beweisen. Betrachtet man das Thierreich z. B. in seinem Ganzen, so ist es unverkennbar, dass sich darin eine allmälige Zunahme in Vollendung der Organisation wahrnehmen lässt, welche allmälig bis zu der höchsten Stufe hinanführt. Längere Zeit hindurch herrschte die Ansicht, dass das Thierreich gleichsam nur eine einzige Stufenleiter darstelle, auf welcher sich die verschiedenen Thiere je nach der Vollendung ihrer Organisation einreihen liessen. Indem man so in dem Thierreiche eine allmälige Entwickelung zu einem vollendetern Baue wahrnehmen zu können glaubte, suchte man diese Ansicht auch auf die Entstehung des Thierreiches im Ganzen auszudehnen. Die Ansicht der meisten Naturphilosophen ging dahin, dass sich im Anfang in dem Wasser aus einer homogenen organischen Grundsnbstanz, dem Urschleime, höchst einfache Thiere, Schleimthiere und Infusorien, gebildet hätten, dass diese durch allmälige Entwickelung sich immer höher nnd höher erhoben und als Endziel ihres Strebens nach Vollendung zu Menschen sich ausgebildet hätten. Während die Einen diese allmälige Entwickelung vom niedern zum höhern Typus nur auf die jetzige Schöpfung beschränkten, wollten die Anderen dieselbe aus den Versteinerungen nachweisen und behaupteten demnach, dass die einzelnen Glieder der jetzigen Schöpfung Abkömmlinge früherer analoger Arten seien, welche sich im Laufe der geologischen Epochen nach und nach modificirt hätten.

Wenn die Anpassung und die Vererbung der dnrch dieselbe erlangten Vortheile der Grund der Veränderungen ist, welche die einmal vorhandenen Organismen modificireu, so ist leicht einzusehen, dass dieselben einestheils in das Unendliche fortgehen, anderntheils aber einhalten könuen, sobald alle diejenigen Vortheile erreicht sind, welche in der eingeschlagenen Richtung erreicht werden könuen. Nehmen wir §. 1432.

z. B. an, dass die Wüstenthiere, mögen es nnn Insekten, Reptilien, Vögel oder Sängethiere sein, ihre eigenthümliche Farbe, die sie kaum von dem Sande unterscheiden lässt, dnrch allmälige Anpassung erhalten haben, so wird ein Variiren in dieser Hinsicht vollständig aufhören, sohald die Farhe so viel als nur möglich das Ziel erreicht hat, das ruhende Thier vom Sande nnunterscheidbar zu machen. — Aehnlich wird es in allen Dingen gehen — die Art wird demnach fixirt sein nnd fixirt bleiben, sohald sie durch weiteres Variiren sich den Kampf um das Leben nicht mehr erleichtern kann; während im Gegentheile die Veränderungen mehr und mehr sich vervielfältigen nnd nach verschiedenen Richtungen hin gewissermassen versuchen werden, his die Möglichkeit der erleichterten Existenz hergestellt ist.

Für alle diese Verhältnisse lassen sich Beispiele herstellen. Wir sehen, dass hei gewissen Thiergruppen, z. B. den Cyclopiden, ganz gleichgestaltete Larven aus dem Ei kommen, von welchen die einen ihre Sinnes- und Bewegungsorgane noch höher ausbilden und demnach durch ungemein grosse Schwimmfertigkeit ihren Verfolgern entgehen und ihre Nahrung erbeuten, die anderen dagegen Schmarotzer werden nnd anf diese Weise, mit Verlnst ihrer Sinnes- und Bewegungswerkzeuge, die Möglichkeit ihrer Existenz sichern.

Ebenso wissen wir, dass wenigstens für diejenige kurze Beobachtnngszeit, die nns zu Gebote steht, eine Menge von Arten eine gewisse Unveränderlichkeit behanpten. Es ist nachgewiesen, dass die Mumien der Thiere, welche man in den Grabstätten Aegyptens findet, und die ein Alter von mehr als 4000 Jahren besitzen, bis in die geringsten Einzelnheiten den Arten gleichen, welche noch jetzt in demselhen Lande leben. Selbst in Beziehung anf das Menschengeschlecht weisen nns die Zeugnisse der Hieroglyphen und Bildwerke des alten Aegyptens nach, dass seit jener Zeit keine Veränderungen in den verschiedenen Stämmen stattfanden, welche doch dasselbe Land bewohnten. Neger, Aegypter und Juden sind auf diesen Bildwerken schon damals in ihrer noch jetzt vorhandenen Stammeseigenthümlichkeit dargestellt.

§. 1433. Anderseits haben die classichen Untersuchungen Hilgendorf's über *Planorbis multiformis* im Steinheimer Süsswasserkalk, die noch viel zu wenig gewürdigt und noch gar nicht nachgeahmt worden sind, auf das Ueherzeugendste nachgewiesen, dass die vielen Varietäten, welche diese Schnecke zeigt, nnd die man his auf 20 heziffern kann, sich im Laufe der Zeit und während des Absatzes der einzelnen Schichten entwickelt hahen, so dass man zehn Schichtenzonen unterscheiden kann, innerhalh welcher die einzelnen Varietäten so vertheilt sind, dass man ihre stufenweise Ansbildung innerhalb gewisser Zwischenschichten von einer einzigen Stammform aus nach drei oder vier verschiedenen Richtnngen hin verfolgen kann. Die einzelnen Formen der Varietäten

unterscheiden sich scharf, sobald sie einmal ausgebildet sind, und gehen von in derselben Ebene gewundene Schalen bis zu korkzieherartigen, deren Windungen sich nicht mehr berühren — in den Zwischenschichten finden sich alle möglichen Uebergänge. Einige wohl charakterisirte Varietäten hören ganz auf — andere entwickeln sich weiter, so dass der ganze Entwickelungskreis einen Stammbaum darstellt, der sich zuerst in zwei Aesten theilt. Jeder dieser Aeste theilt sich wieder in zwei Zweige — aber nur einer dieser Zweige ist mächtig und erreicht die obersten Schichten, so dass hier nur noch eine Form herrscht; die anderen drei Zweige starben früher aus — alle aber haben in verschiedener Höhe starke Nebenzweige.

Diese musterhaften Beobachtungen beweisen also, dass Windungsverschiedenheiten, ebenso gross wie zwischen einem Ammoniten und Turriliten, im Laufe der Zeiten sich aus einer Stammform entwickeln können, und dass bei dieser Entwickelung bestimmte Formen entstehen, die sich nicht weiter ausbilden und zu Grunde gehen, während andere der weiteren Ausbildung fähig sind. Wiederholt aber muss betont werden, dass jeder Zoologe und Paläontologe, der diese Formen isolirt finden würde, sie unbedingt als nicht nur verschiedenen Arten, sondern verschiedenen Gattungen angehörig ansehen würde und nach den in der beschreibenden Zoologie herrschenden Grundsätzen ansehen müsste.

Hier wäre also die directe Abstammung von verschiedenen Arten und Gattungen aus einer Stammform erwiesen und es ist kein Grund vorhanden, für die erwähnte *Planorbis* eine Ausnahme zu statuiren.

Zu diesen directen Beobachtungen kommen aber noch andere Verhältnisse, aus welchen sich ähnliche Schlüsse ableiten lassen. §. 1434.

Jedes organische Individuum durchläuft während seiner Existenz eine bestimmte Formenreihe, von der ersten Anlage des Keimes bis zu seiner endlichen Auflösung. Je höher ein Wesen organisirt ist, je bedeutender also die Arbeitstheilung in seinen Organen ist, desto zahlreicher sind auch die Entwickelungsstufen, welche es durchläuft und in welchen es anderen, verwandten, aber auf niederer Organisationsstufe stehenden Wesen ähnlich ist, die definitiv sich nicht weiter entwickeln. So durchläuft der Frosch Entwickelungsstufen als Larve, welche denen der kiementragenden Molche durchaus ähnlich sind. Ja, um gleich bei diesem Beispiele zu bleiben, wir kennen in der heutigen Schöpfung Formen, welche sich nur ausnahmsweise, unter besonderen Verhältnissen, höher entwickeln, sonst aber auf niederer Stufe stehen bleiben und auf derselben sich fortpflanzen. So ist der Axolotl die Larve eines Molches *Amblystoma*. Aber von 1000 Axolotl's wird vielleicht nur einer zu einem Molche — die anderen pflanzen sich als Axolotl's ins Unendliche fort.

Es ist unmöglich, hier weiter auf die Thatsachen einzugehen, an

deren Hand die heutige Zoologie, vergleichende Anatomie und Entwickelungsgeschichte nachweist, dass verwandte Thiere auch wirklich blutsverwandt sind und sich aus einem und demselben Grundstamme entwickelt haben. Die Entwickelungsgeschichte zeigt die verschiedenen Entwickelungsstufen zwar in der Weise, dass die Charaktere des Kreises, welchem die Organismen angehören, zuerst erscheinen, dann die der Classe, Ordnung, Familie, Gattung und Art, so dass diese als letzte Modification erscheinen. Die Zusammengehörigkeit so mancher Thiere wird erst durch die Entwickelungsgeschichte nachgewiesen und wenn man weiss, dass alle Krebse z. B. von einer gemeinsamen Larvenform abstammen, so kann man auch nicht zweifeln, dass diese Larvenform die Form des ursprünglichen Stammtypus war, von welchem aus die so unendlich verschiedenen Gestalten des Crustaceentypus sich entwickeln. Ja, wenn man in der Entwickelung der Arachniden, der Insecten dieselbe Larvenform, wenn auch nur spurweise und höchst vorübergehend angedeutet findet, so wird man auch hier die gemeinsame Stammform für alle Gliederthiere erkennen.

§. 1435. Die Entwickelungsgeschichte stellt also, wie man in neuerer Zeit sich ausgedrückt hat, eine Urkunde dar, deren einzelne Sätze und Blätter die Entwickelungsphasen wiederspiegeln, die der Organismus durchlaufen hat, um sich auf diese Stufe zu erheben. Da aber diese Entwickelungsphasen sich im Laufe der Erdgeschichte abgewickelt haben, so müssen auch die Versteinerungen analoge Phasen darstellen.

Die jetzt auf der Erde lebenden Organismen sind also unzweifelhaft die directen, wenn auch etwas veränderten Nachkommen derjenigen, die unmittelbar vor ihnen gelebt haben; diese wieder der vorhergehenden und so weiter, bis zu den ältesten Schichten, in welchen wir Versteinerungen finden. Vergleichende Entwickelungsgeschichte und Versteinerungskunde ergänzen und erklären sich wechselseitig und liefern analoge Bilder, wenn auch in jedem Verzerrungen vorkommen.

In der Entwickelungsgeschichte treten die Phasen, welche die Stammformen repräsentiren, nur vorübergehend auf — einzelne derselben sind häufig ganz oder theilweise verwischt und unterdrückt, um der folgenden kaum zu gönnen oder auch deshalb nur angedeutet, weil die weitere Ausbildung der Anlage, welche den Stammformen nöthig war, zur Durchführung des selbständigen Kampfes um das Leben, den Nachkommen nicht nöthig ist, da sie ihren Kampf in anderer Weise führen. Die rudimentären Organe legen von diesem Verhältnisse ebenfalls Zeugniss ab. Der junge Walfisch hat als Embryo Zahnkeime in den Kiefern, die sich niemals entwickeln, da die Barten statt ihrer ausgebildet werden; den Vorfahren des Walfisches waren ohne Zweifel Zähne zum Festhalten der Beute nöthig. Entwickelten sich diese

Zahnrudimente nicht, so läge kein Beweis für die Abstammung der Bartenwale von Zahntragenden Walen vor.

In der vergleichenden Paläontologie treten andere Verhältnisse störend auf. Vor Allem die ungenügenden Documente. Alle Weichtheile, alle Weichthiere sind verloren gegangen und nicht erhalten und damit die reichste Belehrung abgeschnitten. Ferner sind nur sehr wenige Schichten noch vollständig untersucht und ausserdem nicht einmal Europa hinlänglich durchforscht. Endlich zeigt sich nirgends fast eine geradlinige Entwickelung der einzelnen auf einander folgenden Typen. Es ist, wie bei dem oben erwähnten Falle der Planorbis. Eine Menge von Seitenrichtungen der Entwickelung traten auf; viele derselben bleiben steril, entwickeln sich nur während einer gewissen Zeit, vergehen ohne Nachkommen zu hinterlassen und da alle diese Richtungen nur sehr lückenhaft repräsentirt sind, so bleibt auch nur ein verworrenes Bild, in welchem neue Stücke von Entwickelungsrichtungen sich documentiren.

Immerhin bieten die Betrachtung der jetzt existirenden Organismen, sowie sie sich in ihrem Zustande relativer Ausbildung darstellen, das Studium ihrer Entwickelung als Individuum vom ersten Keime oder Ei an und das paläontologische Studium ihrer Vorfahren eine Menge von Gesichtspunkten, die zur Aufstellung von wahrscheinlichen Stammbäumen der jetzigen Organismen führen können. Freilich sind solche Aufstellungen nur höchst provisorisch, da jede neuere Thatsache Aenderungen hervorrufen kann.

Die Frage nach dem ersten Auftreten der organischen Wesen §. 1436. überhaupt können wir hier gänzlich bei Seite lassen. Die Paläontologie kann hierüber gar keinen Aufschluss verschaffen, da die niedersten Wesen, die man kaum Organismen nennen kann, und von welchen aus die Entwickelung der Organismen nothwendig ihren Ausgangspunkt hätte nehmen müssen, nach Analogie ähnlicher Wesen, die wir jetzt kennen, keiner Erhaltung fähig gewesen sind. Wenn auch die verschiedenen einfachsten Protisten, welche überhaupt bis jetzt gefunden worden sind, wie Bathybius u. s. w., überhaupt zugleich die einfachste Erscheinungsweise der organischen Substanz repräsentiren, wenn auch die Bildung organischer, lebender Substanz aus Elementen, wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff um so mehr eine Forderung der rationellen Naturbetrachtung ist, als die Pflanzen in der That diese lebende Substanz aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak darstellen; wenn man auch über diese Darstellung von Anfangsorganismen, über die Urzeugung (*generatio aequivoca*) hin und her debattirt und experimentirt hat und wenn es auch gelungen ist, einzelne organische Substanzen, die sich im Pflanzen- und Thierkörper finden, aus ihren Elementen oder aus unorganischen Stoffen darzustellen, so ist damit die Frage nach der

Urzengung lebender Weseu noch keinen Schritt weiter gekommen. Die Wahrheit von diesem Allen ist, dass, soweit auch unsere jetzigen Kenntnisse reichen, wir nirgends die Erzeugung eines Wesens in anderer Weise kennen, als durch Abstammung von Eltern, durch Fortpflanzung von vorher bestandenen Individuen. Man hat behauptet und einige Naturforscher behanpteu noch jetzt, es gäbe eine elternlose Zengnng, eine Urzeugung (*generatio aequivoca*) von niederen thierischen und pflanzlichen Organismen aus formlosem, organischem Stoffe. Allein alle Untersuchnngen der neuesten Zeit beweisen unwiderleglich, dass die Beobachtnngen, anf welche man die Annahme einer freiwilligen Urzeugung gründete, durchaus nngenau oder selbst geradezn falsch waren. Es ist nachgewiesen, dass sich Infusorien und Conferven nur da bilden, wo die nngemein kleinen Keime und Sporen abgesetzt werden können; dass sie aber unter keinen Umständen da entstehen, wo diese Keime zerstört und der fernere Zutritt derselben aus der Luft gänzlich abgesperrt worden war. Ebenso ist es jetzt erwiesen, dass die Eingeweidewürmer sich durch Eier fortpflanzen nnd nicht auf Kosten der Organismen entstehen, in welchen sie leben. Die Moneren und Protisten aber, die sich anf dem Grunde der Gewässer finden, sind wahrscheinlich aus formlosem organischem Stoffe hervorgegangen, welcher von den höheren Organismen herrührt, die zu Grnnde gingen.

§. 1437. Die Paläontologie kann uns nur mit solchen, schon höher organisirten Wesen bekannt machen, deren Erhaltung in den Schichten möglich war. Von diesen aus aber wird sie die Linien fortdauernder Entwickelung und Veränderung dnrch die Erdschichten hindurch zu verfolgen haben. Sie wird also erkennen müssen, dass die verschiedenen Arten nicht erschaffen wnrden, sondern durch Veränderungen, Anpassungen und Vererbungen sich auseinander differenzirten. Hier wird sie zuerst zn fragen haben, welche Umstände zu solchen Variationen Veranlassung geben konnten, welche neue Arten darstellten und wird sich aus unseren Prämissen die Antwort geben müssen, dass jede Aenderung in den Bedingungen des Kampfes um die Existenz und das Leben solche Neubildung von Arten nnd Typen im Gefolge haben mnsste.

Von solchen Bedingungsänderungen giebt uns aber jede Schicht Kunde. Niveauschwankungen, Bodensenkungen und Erhöhnngen, Veränderungen der Meeres- nnd Luftströmungen, des Klimas, der Feuchtigkeit, der Begrenzung von Festland und Wasser — kurz Alles, was nnr irgend auf die Oberfläche der Erde einwirken kann, musste nothwendig auch die Bedingnngen des Kampfes um das Leben ändern, neue Anpassungen und neue Vererbnngen herbeiführen. Als besonders fördernd, wenn anch nicht allein wirkend, müssen wir namentlich die Isolirung anführen und anderseits die Verschmelzung mit grösseren

Ganzen. Auf Inseln z. B. die vom Festlande getrennt werden, in Meeresarmen, die durch Bodenhebungen gesondert werden, verändern sich die Concurrenzbedingungen ebenso bei der Abtrennung, wie bei der Wiedervereinigung mit einem grösseren Ganzen. Nicht minder ist die Wanderung ein wirksames Element, wenn auch nicht, wie man ebenfalls behauptet hat, das Einzige. Jede Art breitet sich, sei es durch active Wanderung oder passiven Transport so weit aus, als möglich und kommt dadurch in andere Concurrenzverhältnisse an den Grenzen ihres Gebietes, die ihr entweder Halt gebieten oder sie zu Veränderungen veranlassen. Zuweilen kommt sie auch in Gebiete, wo sie anderen schwächeren Concurrenten gegenüber siegt. So hat sich die europäische Distel, mit der Wolle der Schafe in die Plata-Staaten gebracht, das Gebiet der Pampas erobert. So können wir das Vor- und Rückschreiten der kalten Polargewässer durch die Muscheln des Eismeeres beurtheilen, die im Crag auftreten und wieder verschwinden.

Es werden also, durch alle diese Veränderungen der Concurrenzbedingungen veranlasst, an bestimmten, mehr oder minder beschränkten Localitäten Zeiten sich herstellen, wo grössere Umgestaltungen der organischen Welt Platz greifen, die sich durch Variiren der Arten und Hervorbildung neuer ebenso kennzeichnen, wie durch Einwandern anderer, welchen der Weg geöffnet wird. Da die Schichtbildungen fast immer, im Vergleich zu ihren Resultaten, eine verhältnissmässig lange Zeit in Anspruch nehmen, so werden uns solche Zeiten der Aenderung häufig den Eindruck der Plötzlichkeit machen, während sie in Wahrheit über Jahrhunderte und Jahrtausende sich hingezogen haben.

Diesen Perioden werden andere gegenüber stehen, wo die Concurrenzbedingungen die gleichen geblieben sind, also auch keine Veranlassung zu Veränderungen gegeben war. Solche Epochen sind die geologischen Formationen, wo dasselbe Leben fortdauert, dieselben Schichten sich ablagern, dieselben Arten in etwa gleich bleibendem Verhältniss sich vorfinden. Die Thatsachen entsprechen diesen Voraussetzungen.

Schon oben wurde angeführt, dass die verschiedenen Einschlüsse in den Formationen uns zu der Annahme führen müssen, dass verschiedene Bildungsepochen existirt haben, welche den einzelnen Formationen entsprechen. Man hat diese Ansicht auch dahin auszuführen gesucht, dass man behauptete, alle Arten getrennter Formationen seien wirklich specifisch von einander verschieden und die Formationen durch totale Revolutionen getrennt, welche die lebenden Organismen allesammt mit einem Schlage vernichtet hätten, um später eine ganz neue Schöpfung erzeugen zu lassen. Die Natur entspricht indessen dieser Hypothese nicht. Die vorhergehenden Untersuchungen haben uns schon belehrt, dass bedeutende Schichtenstörungen in Perio- §. 1438.

den vorgefallen sind, in welchen wir keine Umänderung des organischen Lebens kennen, so dass also diese Revolutionen keinen Einfluss auf dieses Leben gehabt haben; — und andererseits kennen wir viele paläontologische Formationsgrenzen, denen keine Schichtenstörungen gewaltsamer Art entsprechen. Die Allmäligkeit der Hebungen im Allgemeinen, die langsame Ausbildung des Erdreliefs lässt auch nur allmälige Aenderungen der organischen Welt zu.

Die Bestimmung der paläontologischen Formationsgrenzen selbst hat ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten. Wenn auch im grossen Ganzen gleichalterige Formationen auch gleiche Einschlüsse besitzen, so lässt sich doch nicht läugnen, dass neben diesem allgemeinen Charakter, der durch die gleichartigen Versteinerungen hergestellt ist, jede Schicht an verschiedenen Orten auch noch einen localen Typus trägt, bedingt durch die relative Mischung der Arten und durch besondere nur in der Localität vorkommende Arten. Man weiss, dass diejenigen Arten, welche die grösste horizontale Verbreitung besitzen, auch in verticaler Richtung die meiste Ausdauer besitzen und am leichtesten aus einer Formation in die andere übergehen. Je mehr man die Formationen mit Rücksicht auf ihre localen Einschlüsse studirt, desto mehr überzeugt man sich, dass an verschiedenen Orten die Formationsgrenzen nicht genau einander entsprechen. Dies ist nicht nur der Fall mit den Unterabtheilungen, den sogenannten Stockwerken, sondern auch mit den grossen Formationen. Die Grenze, welche mit vollkommener Sicherheit in der Schweiz, in Frankreich und England den Lias vom unteren Jura abschneidet, wird in Schwaben nicht sicher vorgefunden. Man weiss nicht mehr, wo die Kreide anfängt und der Jura aufhört. Ueberall finden sich an den Grenzen der Formationen Schichten, welche in jener Localität mehr der unteren, in dieser mehr der oberen Formation sich anschliessen und die deshalb bald der einen, bald der anderen zugerechnet werden. Selbst innerhalb der Formationen kommen dieselben Erscheinungen vor. Man wird an einem Orte eine Schicht finden, genau begrenzt, die nur eine bestimmte Anzahl fossiler Arten enthält, aber auch diese nur allein — die Arten kommen weder in den Schichten darüber noch in denen darunter vor. Aus einer anderen Localität ist diese Isolirung der Schicht gänzlich verwischt — die Arten kommen mit anderen der oberen oder unteren Schichten gemischt vor. Versuchte man diese Verhältnisse plastisch darzustellen, so würde sich für jede Art eine Zackenfigur darstellen, und die Zacken sowohl in horizontaler, wie in verticaler Richtung mit denen anderer Arten in einander greifen. In horizontaler Richtung würden sich ähnliche Zerstreuungskreise antreffen lassen, wie bei den jetzigen Faunen; jede Art einer Schöpfung würde einen anderen Verbreitungsbezirk haben, der an den Grenzen variirte. Aehnlich würde es sein in verticaler Richtung — an den Grenzen der Formationen würden Uebergriffe

stattfinden. Und so wie wir durch die Nothwendigkeit der Darstellung gezwungen sind, in der Begrenzung der Faunen und Floren auf der Erde eine gewisse Grenze zu ziehen, die nicht ganz genau der Natur entspricht, indem viele Arten sie überschreiten, andere davor zurückbleiben und unsere Grenze gewissermassen nur ein arithmetisches Mittel ist, so sind auch unsere Formationsgrenzen, die wir in horizontaler Ausbreitung legen, Mittelgrenzen, gezogen aus der Summe der einzelnen Grenzen, die je nach den Localitäten mehr oder minder abweichen und an einzelnen Orten von bestimmten Arten bald nicht erreicht, bald überschritten werden.

So ergiebt sich denn, dass jede Art in der Erdgeschichte eine ihr §. 1439.
eigenthümliche Lebensdauer besitzt, welche dadurch, dass sie mit derjenigen vieler anderen Arten in der Haupterstreckung zusammenfällt, eine Formation charakterisirt. Es fragt sich aber nun, durch welche Ursachen die Arten untergegangen sind, so dass sie durch neue ersetzt werden konnten. Bei den meisten Fossilien lässt sich erkennen, dass ihre Tödtung in Masse geschah, wahrscheinlich durch Veränderung des Meeresniveaus, Durchbrüche von Gasarten, oder durch Versandung und Ueberschwemmung, überhaupt durch Veränderung des Bodenreliefs, des Klimas, überhaupt aller Lebensbedingungen. Die meisten am Boden festgewachsenen Thiere, besonders die Muschelbänke, sind offenbar durch allmäligen Absatz von Gesteinsmassen, welche sie umhüllten, zu Grunde gegangen. Es wurde schon früher bei der Darstellung der jetzt wirkenden geologischen Kräfte auf die eigenthümliche Wechselwirthschaft aufmerksam gemacht, welche auf dem Boden des Meeres stattfindet. Viele specielle Anhäufungen solcher Thiere dagegen, welche ihren Standort ändern können, und die man in Masse an beschränkten Localitäten versteinert findet, beruhen offenbar auf plötzlichen mechanischen oder chemischen Veränderungen des Mediums, in welchem sie lebten. Naturereignisse, welche in mehr oder minder grossen Localitäten den Tod in allgemeiner Weise bringen, kommen nicht selten vor. In den kälteren Klimaten ist es oft der lange anhaltende Winterfrost, in südlicheren trockenen die Sommerhitze, welche furchtbare Verwüstungen, sowohl unter den lebenden Thieren, als auch namentlich unter den Keimen, Eiern und Puppen anrichten. Dennoch ist noch kein Beispiel bekannt, dass durch solche Umstände die Fauna einer Gegend gänzlich geändert worden wäre, da immer einzelne Individuen dem Einflusse der atmosphärischen Agentien entrinnen und später die Art wieder fortpflanzen. Das Gleiche gilt von den Todesursachen, welche zuweilen oder periodisch auftreten, wie anhaltende Regengüsse, Ueberschwemmungen, Orkane oder vulcanische Ausbrüche. Nebst Versandungen oder Ueberführung ganzer Meeresstrecken mit losgelöstem Boden sind auch im Meere besonders die vulcanischen

Ausbrüche wesentliche Agentien allgemeiner Zerstörung. Als die vulcanische Insel Ferdinandea in dem mittelländischen Meere, zwischen Sicilien und Pantellaria, sich vor einigen Jahren erhob, wurden die Bewohner der sicilianischen Küste zuerst durch die ungeheure Menge todter Fische, welche gleichsam gesotten ans Ufer trieben, auf das Ereigniss in ihrer See aufmerksam gemacht. Es unterliegt keinem Zweifel, dass eine Menge anderer Seethiere, Muscheln, Schnecken, Korallen, Polypen und ähnlicher Wesen, welche theils nur langsam am Boden kriechen, theils gänzlich an demselben befestigt sind, ebenfalls durch dieses Ereigniss in weitem Umkreise um den feuerspeienden Vulcan getödtet und durch die ausgespieene Lava, wie durch die emporgeschleuderten Gerölle verschüttet wurden.

§. 1440. Gewiss lagen ähnliche Ereignisse dem Tode solcher jetzt versteinerter Thiere zu Grunde, welche, obgleich mit bedeutender Bewegungsfähigkeit begabt, dennoch in grossen Haufen und zwar so vereinigt gefunden werden, dass man auf fast unmittelbare Einhüllung ihrer todten Körper durch steinbildende Niederschläge schliessen kann. Ein solcher Fall findet sich z. B. bei der bekannten Lagerstätte fossiler Fische aus der Tertiärzeit von Monte Bolca im Veronesischen. Die Schichten eines feinen Kalkschiefers sind hier oft überfüllt mit Fischskeletten und Abdrücken, deren bis ins Einzelne gehende Erhaltung deutlich zeigt, dass die Fischkörper nicht vor ihrer Verschüttung durch Fäulniss zerstört und die Knochen so aus ihren Verbindungen gelöst wurden. Allein auch hier reichten solche Ereignisse localer Wirkung gewiss nicht aus, die Bevölkerung eines ganzen Meeres zu verschütten und zu zerstören, und für viele Thatsachen genügen auch solche Erklärungen, welche auf plötzliche Ursachen sich gründen, nicht.

§. 1441. Man hat sich gefragt, ob es nicht möglich sei, dass das Aussterben der Arten und ganzer Schöpfungen nach einer bestimmten Regel vor sich gehe, ob nicht anzunehmen sei, dass jeder Art eine gewisse Zeit der Existenz gewährt sei, nach welcher sie eben so gut aussterben müsse als das Individuum, welches an einem gewissen Alter angelangt ist. Gewiss hat diese Ansicht viel innere Wahrscheinlichkeit, wenn wir auch keine Thatsachen für dieselbe aufbringen können. Aber wenn wir behaupten können, dass die Existenz der Arten ein Resultat des Zusammentreffens äusserer Umstände sei, mit deren Aenderung auch nothwendig die Art selbst als solche aufhören und sich entweder umwandeln oder zu Grunde gehen müsse, so ist damit wohl eine genügende Erklärung beschafft. Wir sehen an dem obigen Beispiele der Planorbis, dass einige Formen biegsamer sind als andere, dass die einen sich umändern können, während die anderen zu Grunde gehen.

Die leitenden Principien, von welchen ausgehend wir die Entwickelungsgeschichte der Organisation auf der Erde betrachten werden, ergeben sich aus dem Vorhergehenden von selbst. Die Art (*species*) erscheint uns als ein Formenkreis, der bei gleichbleibenden Existenzbedingungen seinen Typus bewahrt, den er durch den Kampf um das Leben durch Anpassung und Vererbung erworben hat. Aus einem solchen, für eine gewisse Zeit fixirten Formenkreise können aber andere Arten sich hervorbilden, sobald die Concurrenzbedingungen sich ändern und so können Arten Nachkommen haben, welche mehr und mehr von der Stammform abweichen, während andere zu Grunde gehen, ohne solche Nachkommen zu haben. Die Art kann deshalb auch an einem Orte unverändert fortdauern, an einem andern in ihren Nachkommen fortleben, an einem dritten ohne Nachkommen von der Concurrenz beseitigt werden. §. 1442.

Die Gruppirungen der Arten in Geschlechter (*genera*), Familien, Classen, Reiche u. s. w., sowie sie bis jetzt zum grossen Theile in Zoologie und Botanik durchgeführt sind, erscheinen uns mehr oder weniger als willkürliche Scheidungen, deren genauere Begründung noch nachzuweisen ist. Die Berechnungen über die Zahl der verschiedenen Genera, welche in diesen oder jenen Formationen vorkommen, können uns deshalb bei den nachfolgenden Betrachtungen um so weniger leiten, als sie nicht nur mit jeder neuen Bearbeitung umgestaltet werden, sondern auch einzig von der Behandlungsweise jedes einzelnen Forschers und dessen subjectiven Ansichten abhängen. Es ist in neuerer Zeit in vielen geologischen und paläontologischen Monographien Mode geworden, lange Berechnungen dieser Art anzustellen und daraus Schlüsse auf die Verbreitung, die Enthaltung der fossilen Organisationstypen zu ziehen, die aus dem angeführten Grunde alles Haltes entbehren. Wenn z. B. gesagt wird, in einer bestimmten Formation kämen zwanzig Genera von Brachiopoden vor, in einer anderen dreissig, und daraus der Schluss gezogen werden soll, dass der Organisationstypus der Brachiopoden in der einen Formation weniger stark vertreten sei, als in der anderen, so ist dieser Schluss deshalb falsch, weil Jeder nach seinen subjectiven Ansichten die Genera weiter oder enger fassen und danach verschiedene Zahlen aufstellen kann. Sobald aber einmal an der Hand der vergleichenden Anatomie, Entwickelungsgeschichte und Paläontologie ein rationelleres System der Organismen hergestellt sein wird, so wird diese Classification mit ihren engeren und weiteren Gruppen zugleich den Grad der Stammesverwandtschaft geben, in welchem die einzelnen Typen zu einander stehen. §. 1443.

Die Kenntniss der Paläontologie kann nur durch die stete Rücksicht und die genaueste Bezugnahme auf die lebenden Organismen gefördert werden. Aus der genauen Untersuchung der in der jetzigen §. 1444.

Schöpfung befindlichen Organisationstypen können wir uns Schlüsse auf diejenigen Wesen erlauben, deren unvollständige Reste wir in den Schichten der Erde finden. Wir haben in dem ersten Bande einzelne der vorragendsten Typen der Fossilien, welche wir kennen, abgebildet und nur die Charakteristik der Genera, welchen sie zugehören, beigefügt, da die Beschreibung der Arten uns in einem Lehrbuche zu weit geführt hätte. Es wurden dort die Versteinerungen in geologischer Reihenfolge abgehandelt und damit zugleich die für den praktischen Geologen nützlichen Arten gegeben. In der nachfolgenden Betrachtung der Entwickelungsgeschichte der Organisation auf der Erde musste ein anderer Gang gewählt werden. Es musste gezeigt werden, in welcher Weise die einzelnen vorragenden Organisationstypen sich während der verschiedenen Epochen der Erdgeschichte modificirt haben, und wie durch die Aufeinanderfolge dieser Typen, durch ihr Erscheinen und Verschwinden ein allmäliger Fortschritt bis zu der jetzigen Schöpfung bewerkstelligt wurde.

Specielle Betrachtung.

§. 1447. Betrachten wir nun das organische Reich im Einzelnen, so treten uns vor allen Dingen jene Wesen entgegen, welche weder in das Pflanzenreich, noch in das Thierreich eingeordnet werden können, und die man in neuester Zeit als Urwesen (*Protista*) bezeichnet hat. Die niedersten dieser Organismen, die Moneren, zeigen durchaus keine Organe, weder Kerne, noch contractile Vacuolen und bestehen im entwickelten Zustande aus einem fein beweglichen, nackten, structurlosen und homogenen Schleimklumpen (*Sarcode* oder *Protoplasma*). Die Bewegung geschieht durch Contractionen der homogenen Körpersubstanz und durch Hervortreiben von formwechselnden Fortsätzen (*Pseudopodien*), welche vereinzelt bleiben, sich verästeln und mit einander verschmelzen können. Sie ernähren sich durch Einschmelzung oder Einsaugung der Nahrungsstoffe in die Masse ihres Körpers; pflanzen sich nur durch Theilung fort, aus welcher zuweilen Schwärmsporen entstehen, die pinselförmige Fortsätze zur Bewegung haben und kapseln sich häufig in structurlose Hüllen ein.

Von diesen Wesen, die noch nicht einmal eine Zelle, sondern nur den formlosen Inhalt derselben darstellen, gehen offenbar zwei Richtungen aus, die eine gegen das Pflanzenreich, die andere gegen das Thierreich hin. Durch Differenzirung entstehen zuerst die wesentlichen

inneren Theile der Zelle, Kern und Kernkörperchen, dann weiter contractile Vacuolen und nach Aussen hin die Zellenhaut mit ihren mannigfachen Modificationen und der Aufnahme von Kiesel oder Kalk, wodurch Schalen und Gehäuse abgesondert werden. Die Ortsbewegung, über deren Willkürlichkeit als Criterium des thierischen Organismus bei diesen Organismen nicht entschieden werden kann, ist allen Protisten gemeinsam, wenigstens während einer mehr oder minder langen Zeit ihrer Existenz. Sie ist deshalb kein entscheidendes Kennzeichen für die thierischen Wesen, weil eine Menge von Wasserpflanzen durch sogenannte Schwärmsporen sich fortpflanzen, die von älteren Beobachtern stets für Thiere gehalten wurden.

Es ist wahrscheinlich, dass die früheren Meere von Moneren und solchen Protisten wimmelten, welche keine festen Hüllen besassen, die uns aber auch aus dieser Ursache nicht überliefert werden konnten. Die erstaunlichen Massen von Bathybius, welche in ungeheurer Tiefe den Boden des atlantischen Meeres überziehen und die auch schon im adriatischen Meere nachgewiesen wurden, beweisen eben so sehr die jetzige Verbreitung solcher Urwesen, wie der Nachweis ähnlicher Kalkconcretionen in früher gebildeten Absätzen (Kreide, Jura) ihre Verbreitung in früheren Zeiten.

Zu den Entwickelungen gegen das Pflanzenreich hin möchten wir §. 1446.
namentlich die Kieselzellen oder Kieselalgen (*Diatomeae*) zählen.

Fig. 943.



a. Bactryllium Schmidii.
b. B. canaliculatum.
c. Durchschnitt desselben.
Zehnfache Vergrösserung.

Es sind meist mikroskopische Zellen, die bald einzeln, bald gesellschaftlich leben, bald festgewachsen sind, bald in eigenthümlicher Weise rutschend, schwimmend oder kriechend sich umher bewegen. Ihr weicher Körper, in dem sich Vacuolen und Kerne beobachten lassen, ist meist durch einen charakteristischen Farbstoff gelblich oder bräunlich gefärbt und von einer starren, oft ausserordentlich fein und niedlich gestalteten und ciselirten Kieselhülle umschlossen, die nur einige Spalten lässt, durch welche der Inhalt mit der Aussenwelt communicirt. Sie bilden in den süssen Gewässern den braunen Schleim, der den Boden überzieht und finden sich in grossen Massen als biliner Polirschiefer, schwedisches Bergmehl in Gebilden, die der Kreide und der Tertiärformation angehören. Zu den ältesten Formen, die bis jetzt gefunden wurden, mögen die Bactryllien gehören (Band I., S. 421), die durch ihre bedeutende Grösse sich vor ihren Nachkommen auszeichnen.

A. Pflanzen.

§. 1447. Wie die Thiere, so sind auch die Pflanzen aus Zellen zusammengesetzt, die ursprünglich einen formlosen Inhalt und einen Kern besitzen und mehr und mehr von einer starren Zellenhaut umschlossen werden. Die Entwickelung dieser letzteren ist es namentlich, welche die Pflanzen auszeichnet und als letzte Consequenz die Unfähigkeit zu willkürlichen Bewegungen in sich schliesst. Bei allen eigentlichen Pflanzen kommt neben der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Knospen, Keime, Theilung, auch eine geschlechtliche Fortpflanzung vor, und je nachdem die Fortpflanzungsorgane sichtbar und durch besondere Bildungen ausgezeichnet sind oder nicht, hat man sie als Cryptogamen, blüthenlose Pflanzen und Phanerogamen oder Blüthenpflanzen unterschieden. Da die letzteren mit einem oder mehren Blättern keimen, die ersteren aber nicht, so hat man auch die ersteren als Akotyledonen, Keimblattlose, die letzteren als Cotyledonen, Keimblättler, bezeichnet. Die Cryptogamen nehmen offenbar den niederen, die Phanerogamen den höheren Rang ein und sind auch nach dieser Rangordnung in chronologischer Ordnung aufgetreten.

I. Cryptogamen oder Akotyledonen.

§. 1448. Die Akotyledonen tragen keine eigentlichen Samen, sondern Sporen oder Keimkörner, das heisst, kleine, meist nur aus einer Zelle bestehende Körperchen ohne festen Inhalt, welche durch Ausdehnung der inneren Zellenhaut keimen und entweder unmittelbar zur Pflanze auswachsen, oder durch eine Mittelstufe der Entwickelung, die man Vorkeim nennt, in den vollkommenen Zustand übergehen. Die Sporen entwickeln sich entweder in den Zellen der Pflanze, die dann sowohl Vegetations- als Reproductionsorgane sein können, oder sie bilden sich in besonderen Organen, die wir im Allgemeinen mit dem Namen Sporenfrucht (*Sporangium*) bezeichnen. Was den sonstigen Bau und Habitus der Akotyledonen betrifft, so ist derselbe äusserst verschieden. Man trifft darunter einzellige Pflanzen von mikroskopischer Kleinheit, ohne alle äusseren Organe, und dagegen wieder grosse baumartige Gewächse von prachtvollem palmenartigen Wuchs und mit zierlich entfalteten Blättern.

Je nach den Elementarorganen, welche diese Pflanzen zusammensetzen, hat man wieder zwei grosse Abtheilungen unterschieden, diejenigen, in deren Bildung nur Zellen eingehen, die Zellen-Crypto-

gamen (Pilze, Flechten, Tange, Moose) und diejenigen, wo eigentliche Gefässe vorkommen, die zwar auch ursprünglich aus Zellen hervorgehen, aber schon weiter entwickelte und veränderte Formen derselben herstellen, die Gefäss-Cryptogamen (Schafthalme, Farne und Bärlappe). Unter den Zellen-Cryptogamen lässt sich aber noch eine bedeutende Verschiedenheit gewahren. Bei den einen, den Thalluspflanzen (*Thallophytae*) geht die Vermehrung der Zellen nach allen Seiten hin und es lassen sich weder Stamm, Axe noch Blätter und Wurzeln unterscheiden — bei den anderen, den Stammpflanzen (*Cormophyta*), zu welchen nur die Moose und Lebermoose gehören, findet sich ein Stamm mit endständigem Wachsthum, wie bei den Gefässpflanzen, eine Wurzel und wirkliche Blätter, die nach bestimmten Gesetzen um den Stamm gereiht sind. Es ist dies offenbar die höchste Entwickelung der Zellen-Cryptogamen, während die Thalluspflanzen niedere und auch früher in die Erscheinung tretende Formen darstellen.

1. Zellen-Cryptogamen. a. Thallophylen.

Man kann hier im Zweifel sein, ob den Algen oder Tangen, oder §. 1449.
ob den Pilzen die unterste Stufe angehöre. Beide, ausserordentlich formenreiche und überall verbreitete Typen beginnen mit einer Menge von einfachen Zellenformen, die sich zu weiter ausgebildeten Gestalten erheben. Die Zellen der niedersten Pilze der Gährungspilze z. B. scheinen indess noch einfacher als diejenigen der niedersten Algen, wie z. B. die Protococcus.

1. Pilze.

Die Grundlage der höher ausgebildeten Pflanze ist ein Gewebe von §. 1450.
schlauchförmigen gegliederten, d. h. aus an einander gereihten Zellen bestehenden Fäden, die sich zu sehr verschiedenen Formen verbinden. Die einfachsten Pilze bestehen nur aus einfachen und im Innern scheinbar ganz structurlosen Zellen; sobald Fäden sich entwickeln tragen dieselben die Sporen als Endglieder der Fäden. Von da ab, bis zu den höheren Formen der Hutpilze u. s. w. finden sich die verschiedenartigsten Fruchtstellungen und Fruchthüllen, welche aber doch nur Modificationen jener einfachsten sind. Man kann die höheren Pilze als Colonien von verzweigten Pilzfäden ansehen. Was man gewöhnlich Schwämme nennt, sind eigentlich nur die Fruchtlager oder Fruchthüllen, bei denen jedoch ein durchgreifender Unterschied der ist, dass bei einigen die Sporen in den Mutterzellen eingeschlossen bleiben (*Thecaspori*), bei anderen aus denselben gleichsam ausgestülpt hervortreten (*Basidiospori*). Durch ihre Physiologie stellen sich die Pilze gewissermassen ausserhalb der ganzen übrigen Pflanzenwelt. Sie ent-

wickeln im Innern ihrer Zellen niemals Blattgrün oder Stärkemehl und scheiden Kohlensäure aus, während sie Sauerstoff einathmen, verhalten sich also hierin wie die Thiere. Auch leben sie nur auf Kosten schon vorgebildeter organischer Stoffe, während die eigentlichen Pflanzen selbständig die organische Substanz aus der anorganischen bereiten. Sie leben in allen, mit organischem Stoffe geschwängerten Flüssigkeiten und als Parasiten auf lebenden und abgestorbenen Organismen. Diesem Umstande verdanken wir die Erhaltung verschiedener Arten in der fossilen Flora, welche auf Blättern und Stengeln der Urwelt lebten und etwas festere, holzige Consistenz hatten. Ausserdem konnte das leicht verwesliche Pilzgewebe sich nicht erhalten. Von sichtbarer Erhaltung der Sporen kann hier, wie überhaupt bei den Akotyledonen ihrer Kleinheit wegen nicht die Rede sein.

Man hat in neuerer Zeit verschiedene fossile Pilze aufgefunden, deren Zahl sich wahrscheinlich noch sehr vermehren wird. So *Xylomites Zamitae* auf Blättern von *Zamia distans* im Infra-Lias, *Sphaeria punctiformis* auf Blättern von *Quercus Gmelini* zu Oeningen, *Hyrtesium protogaeum* ebenda u. s. w. Auch in fossilen Hölzern finden sich Pilze.

2. Flechten, *Lichenes*.

§. 1451. Sie stimmen in ihrem anatomischen Bau fast ganz mit den thecasporischen Schwämmen überein. Der Hauptunterschied besteht darin, dass sie Chlorophyll und Stärke enthalten. Manche Botaniker betrachten sie sogar als aus zwei Theilen zusammengesetzt, aus einer niederen Algenform, welche das Blattgrün und die Stärke in ihren Zellen enthält und einer schmarotzernden Pilzform, welche auf Kosten dieser Alge lebt und sie mit ihrem dichten Fadengewebe durchzieht. Beide constituirenden Pflanzentheile sind aber so innig verbunden, dass sie nur ein Individuum ausmacht. Die Flechten sind gewissermassen die höhere trockene Entwickelung der Pilze, wachsen hauptsächlich an trockenen Orten, Felsen, Baumstämmen und dergl. und haben die Eigenthümlichkeit, dass sie, lange vertrocknet, durch Feuchtigkeit wieder aufleben und fortvegetiren. Der äusseren Erscheinung nach sind sie entweder schorfartige Krusten oder sie steigen als blattartiger Thallus auf. Die Sporen sind zusammengesetzt und entstehen zu mehren in Mutterzellen, welche in einer schüsselförmigen oder kugeligen Fruchtlage vereinigt sind. Man kennt sehr wenig fossile Flechten, namentlich aus dem Bernstein und auf den Braunkohlenstämmen.

3. Algen, *Algae*. (Tange.)

§. 1452. Diese Familie, welche ganz aus Wasserpflanzen besteht, durchläuft eine sehr vielgestaltete Formenreihe. Die einfachsten Algen sind einzellig, wie *Protococcus*, und vermehren sich durch Theilung; aber

diese einzellige Form wächst bei *Vaucheria* zu langen, verästelten Schläuchen aus und nimmt bei *Caulerpa* die Gestalt einer höheren Pflanze mit anscheinenden Stengeln und gezähnten Blättern an. Bei Weitem die meisten Algen sind aber mehrzellig und zwar reihen sich die Zellen entweder zu gegliederten Fäden an einander, wie bei *Conferva* oder flächenförmig (*Ulva*), oder endlich treten die Zellen jedoch immer noch fadenförmig geordnet zu grossen, den höheren Pflanzen ähnlichen Gebilden zusammen (*Fucus*, *Sargassum* u. s. w.); *Macrocystis pyrifera* ist manchmal an 600′ lang. Die Consistenz ist meist gallertartig, fleischig oder höchstens lederartig; auch die grösseren, ziemlich soliden Algen, die sich im Meere finden, enthalten sehr viel gelatinöse Intercellularsubstanz und lösen sich zum Theil in kochendem Wasser ganz und

Fig. 944.

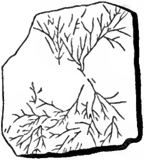


Butholepis antiquata.
Aus dem Kalksandsteine des untersilurischen Systemes von New-York.

gar in Gallerte auf. Alle Algen enthalten Blattgrün und sonst verschiedene Farbstoffe. Die Sporen entwickeln sich bei manchen in den Vegetationszellen, die dann Mutterzellen sind, oder sie sind in Gruppen, auch wohl auf eigenthümlich gestalteten Zweigen und Blättern vereinigt. Gewöhnlich entstehen sie zu vieren in einer Mutterzelle, doch auch oft genug einzeln. Die Sporenfrüchtchen sind auch oft in den Thallus eingesenkt, in anderen Fällen treten sie deutlich hervor, überhaupt sind sie sehr abweichend gebildet; wir können uns auf

diese Unterschiede hier nicht einlassen. Die Florideen, die höchste Form der Algen, haben zweierlei Sporenfrüchte. Die Algen sind, wie gesagt, Wasserpflanzen, nur wenige leben auf feuchter Erde. Die des süssen Wassers sind meist unansehnlich, die des Meeres ausgezeichnet durch Formenreichthum und glänzende Farben. Sie decken den Meeresboden gleich den Wiesen und Gebüschen des Landes und bilden, an der Oberfläche schwimmend, jene gewaltigen Massen, welche man Sargasso-Meer genannt hat. Wichtig für die Geologie ist, dass sie wenigstens jetzt nur bis zu einer gewissen Tiefe hinabgehen. In den

Fig. 945.



Chondrites intricatus. Flysch.

Fig. 946.



Chondrites Targionii. Flysch.

Meeren früherer Perioden müssen sie sehr zahlreich gewesen sein; sie sind unstreitig die älteste Pflanzenfamilie, die eigentlichen Urpflanzen des noch Alles bedeckenden Oceans. Uebrigens sehen die alten Formen den jetzigen sehr ähnlich, wenn sie gleich nicht einerlei damit sind; ihre weiche Beschaffenheit ist die Ursache, warum sich viele gar nicht, andere nur sehr unvollkommen erhielten, so dass wir etwa nur 180 fossile Arten kennen. Man findet sie in den ältesten Schichten des silurischen Systems (Fig. 944, a. v. S.), wo sie die einzigen Repräsentanten der Pflanzenwelt sind, und von da ab bis in die neuesten Schichten der Erdrinde und sehr zahlreich im lebenden Zustande.

Die jetzt lebenden Conferven, Vaucherien und einige noch tiefer stehende Gebilde spielen eine wichtige Rolle in den modernen Tuffbildungen, auch in alten Tuffen finden sie sich, z. B. *Confervites fasciculatus* im Kreidetuff zu Bornholm. Weit wichtiger sind die grösseren Formen der Fucoiden und Florideen, die ausschliesslich dem Meere angehören.

Ausgezeichnet schöne Algenabdrücke, die man für Dikotyledonenblätter halten könnte, liefert namentlich der Monte Bolca und im übrigen Nummulitengebilde sind sie so häufig, dass der Flysch nach ihnen auch Fukoiden-Sandstein benannt wurde (Fig. 945 u. 946).

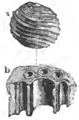
Betrachtet man das Pflanzenreich vom Standpunkte der fortschreitenden Entwickelung aus, so muss man wohl in den Algen einerseits, in den Pilzen anderseits zwei abweichende Ausbildungen der Moneren oder formlosen Sarcode-Organismen erkennen. Beide gehen von höchst einfachen Urzellen aus und erheben sich von diesen aus aber in abweichender Richtung. Pilze und Flechten passen sich dem trocknen Lande und damit auch dem Schmarotzerleben an, während Algen und Tange im süssen und salzigen Wasser sich weiter entwickeln und durch ihre Massen und die von ihnen vermittelten Absätze einen bedeutenden Einfluss auf die Bildung vieler Schichten ausüben.

b. Cormophyten.

4. Characeen.

Diese seltsame Familie stellt sich zwischen die Algen einerseits und die höheren Kryptogamen andererseits, so dass ihre Stellung fortwährend zweifelhaft bleibt. Ihrem äusseren Habitus nach haben die Armleuchter Aehnlichkeit mit den Equiseten. Sie sind mit Wurzelfasern versehen; der schwimmende blattlose Stengel, der sich aufsteigend vom Boden des Wassers erhebt, ist gegliedert und besteht aus einer Reihe langer, cylindrischer Zellen, um welche oft noch eine Rindenschicht von eben so langen, dünneren, in Kreise gestellten Zellen gelegt ist (*Chara*), bei anderen ist nur die Hauptzelle ohne Rinde vorhanden (*Nitella*). An den Gliedern sind quirlständige, wie der Stamm gebildete Aeste oder Strahlen in der Achsel von fruchttragenden Zweigen oder Blättern §. 1454.

Fig. 947.



Chara medicaginula.
A. d. Pariser Becken.
a Vergr. Keimkapsel.
b Durchschn. d. Stengels.

Fig. 948.



Chara tuberculata.
Gypse von Montmarte.

eingelenkt. Sie haben zweierlei Geschlechtsorgane; die männlichen, welche an der Spitze der Zweige oder Blätter endständig sich entwickeln, sind kugelförmig nnd ans acht rothen in einander eingelenkten dreieckigen Scheiben gebildet, welche im Inneren lange aus vielen Gliedern gebildete Fäden entwickeln. Jedes Glied enthält einen spiralförmigen Samenfaden mit zwei pinselförmigen Faden. Die achselständigen Früchte (Sporangien) bilden eine Nuss, deren äussere Decke ans fünf verschmolzenen Blättern gebildet wird, deren Verbindungslinien spiralförmig gedreht sind. Im Inneren findet sich eine grosse Spore. In den Zellen des Stengels und der Aeste bemerkt man eine eigenthümliche Saftströmung; die ganze Pflanze ist meist mit Kalk incrustirt nnd auch gewöhnlich davon durchdrungen.

Die Charen finden sich im süssen nnd Brackwasser, sie kommen vom Muschelkalk an im Jura, in der Wälderformation, ganz besonders aber im Tertiärkalk nnd in jüngeren Tuffen versteinert vor; ihre grossen, von Spiralzügen umgebenen Sporen kennt man schon lange fossil im alten Tertiärkalk von Paris und beschrieb sie zu Zeiten als Foraminiferen unter dem Namen Gyrogoniten.

Die Characeen bilden offenbar eine weitere Entwickelung gewisser Tange, besonders der Florideen, welche durch ihre innere Structur den Tangen gleichen, durch die Entwickelung ihrer Früchte aber schon sich den höheren Kryptogamen, ja selbst den Phanerogamen einigermassen nähern.

5. Moose (Muscineen)

§. 1455. haben noch keine Gefässbündel, obgleich die verlängerten Zellen der Blattnerven und Stengelaxen schon einen Uebergang dazu bilden. Die Archegonen oder weiblichen Organe stehen gewöhnlich einzeln nnd sind von Antheridien begleitet. Die Früchte sind kapselförmig, springen meist in zwei oder vier Klappen auf und haben gewöhnlich einen besonderen Deckel. Bei der Keimung entsteht zunächst ein fadenförmiger Vorkeim. Sie zerfallen in zwei Familien.

a. Lebermoose, *Hepaticae.*

§. 1456. Es giebt nnter diesen noch mehrere, die keinen eigentlichen Stengel, sondern flechtenartig entwickeltes Laub, dagegen aber Oberhaut und Spaltöffnungen in derselben haben, welche hier zum ersten Male erscheinen. Die mit Stengeln versehenen haben meist gelappte Blätter, welche aber nnr ans einer Zellenlage bestehen, ohne Nerven, Oberhaut und Spaltöffnungen. Die Sporenfrucht springt verschiedentlich klappig, gewöhnlich vierklappig auf. Sie lieben feuchte Orte, sind aber doch meist Landpflanzen. Für die fossile Flora sind sie von sehr

geringem Belang, obgleich vorauszusetzen ist, dass sie sowohl als die Laubmoose in früheren Perioden in Menge existirt haben; doch erhielten sich die zarten Pflänzchen nicht. Man hat Marchantien im Tertiärkalk, Jungermannien im Bernstein gefunden.

b. Laubmoose.

Sie haben alle vollkommen entwickelte Stengel und Blätter; letztere sind nie gelappt und bestehen mit sehr wenigen Ausnahmen nur aus einer Zellenlage ohne Oberhaut und Spaltöffnungen, doch meist mit Mittelnerv. Ihre Form ist die ovale oder lanzettförmige. Die Sporenfrucht springt horizontal durch einen Deckel auf und hat gewöhnlich einen Mündungsbesatz von 4 bis 64 Zähnen. §. 1457.

Nach den jetzigen Verhältnissen zu schliessen, muss es in der Urzeit sehr viel Moose gegeben haben, doch sind diese Pflanzen im fossilen Zustand nicht häufig. Man hat sie besonders in Tertiärkalken und im Bernstein erhalten gefunden — ihre zersetzten Reste bilden förmliche Lager in den Braunkohlen. Die Moose stellen die höchste Landentwickelung der Zellenkryptogamen dar.

2. Höhere Gefässkryptogamen.

Diese Gewächse sind die höchste Entwickelung der akotyledonischen Reihe. Zu den Zellen, welche in verschiedenen Entwickelungsformen die bisher genannten Gewächse allein zusammensetzten, kommt hier ein neues Element, das Gefässbündel. Darunter versteht man büschelig zusammengestellte Gruppen langer Röhren, die ursprünglich aus übereinandergestellten Zellen gebildet sind, welche sich vereinigt und ihre Querscheidewände durch Resorption verloren haben. Es zeigen diese Röhren inwendig Spiralfasern oder netz- und spiralförmige Zeichnungen, aber keine Punkte und Tüpfel; es sind dies Verdickungen der primären Zellenhaut, die von aussen nach innen fortschreiten. Uebrigens führen die Gefässe nur Luft. Sie bilden das Skelett der Gefässkryptogamen, und durchziehen das oftmals auch verholzte Zellengewebe bald central, bald in einen Ring gestellt. Sonst weichen diese Pflanzen äusserlich sehr von einander ab. §. 1458.

Für die Paläontologie sind besonders drei Typen von Gefässkryptogamen wichtig, die Schachtelhalme, die Farne und die Bärlappe — der vierte jetzt im Wasser bekannte Typus, die Wasserfarne (Rhizocarpeen oder Hydropteriden) wurde bis jetzt nur in tertiären Ablagerungen sehr selten gefunden; wenigstens ist eine Bestimmung von Samen aus dem Kohlenkalke des Ural, die zu dieser Familie gehören sollten, höchst zweifelhaft.

a. Schafthalme (*Equisetinea*).

§. 1459. Die Equiseten (Schafthalme) sind eine in der Jetztwelt wenig zahlreiche und auf ziemlich kleine Formen reducirte Familie, die in älteren Perioden durch sehr grosse Gewächse repräsentirt war. Doch hat man in den Anden Schafthalme bis zu 6 Meter Höhe und 2 Decimeter Dicke gefunden. Die jetzigen Equiseten sind krautartige Pflanzen mit kriechendem, gegliedertem Rhizom, welches ausdauert und jedes Jahr neue Stengel treibt. Diese sind ebenfalls gegliedert, längsstreifig, und tragen gewöhnlich an den Articulationen Quirle von einfachen oder nochmals verzweigten Aesten, deren Bau dem der Stengel gleich ist. Eigentliche Blätter sind nicht vorhanden, aber an jeder Gliederung des Stengels sowohl als der Aeste finden sich eine Anzahl schuppenartiger Blattorgane, die an der Basis zu einer Scheide verwachsen und an den Spitzen frei sind. Die fossilen Calamiten hatten hier wirkliche, lineale Blätter.

Fig. 949.



Wurzeln von *Calamites cannaeformis*. Von Waldenburg.

Anfangs ist der Stengel mit Parenchym gefüllt, nach aussen befindet sich ebenfalls Parenchym, welches eine Art Rindenschicht bildet. Zwischen beiden steht ein Kreis von Gefässbündeln, zwischen denen sich ebenfalls senkrecht stehende röhrenförmige Luftlücken bilden. Die Gefässbündel bestehen aus Spiral-, Ring- und Treppengefässen, die in punktirte übergehen. In den Articulationen nähern sich die Gefässbündel, und hier sind auch die Parenchymzellen kleiner und dichter gestellt. Mit dem Wachsthum der Pflanze vertrocknet und zerreisst das Mark, und der Stengel wird hohl, von den Gliederscheidewänden unterbrochen. Das Ganze ist von Oberhaut bedeckt, in welcher

sich so viel Kieselerde ablagert, dass der cannellirte Stengel dadurch rauh wird wie eine Feile. Die Aeste entspringen über der Insertion der Blattscheiden, deren Basis sie oft durchbohren. Gefässbündel gehen vom Stengel und zu beiden.

Die fruchtbaren Stengel sind oft von den unfruchtbaren sehr verschieden, dicker, bleich und ohne Aeste, während die unfruchtbaren grün und ästig sind. Bei anderen ist dieser Unterschied nicht vorhanden. Die Fructification bildet zapfenartige Aehren an der Spitze der Stengel oder Aeste. Es besteht dieselbe aus schildförmigen Fruchtblättern, die auf einem kurzen, centralen horizontalen Stiele sitzen. Auf ihrer der Axe zugewendeten Seite befinden sich im Kreis um den Stiel eine Anzahl Sporangien. Die Sporen sind von einem elastischen Spiralband umgeben, das der Mutterzelle angehört, und dadurch, dass es sich in vier Zipfel ausbreitet, die Spore hervorschnellt. Beim Keimen entwickelt sich ein blattartiger Vorkeim.

Stengel mit Scheiden, ganz so wie diejenigen der heutigen Schafthalme, finden sich schon in der Kohlenzeit selten, ziemlich häufig dagegen vom bunten Sandstein an, wo die Gattung Equisetum noch von einer anderen, Schizoneura, bis in den Lias begleitet wird. Im Keuper erreicht die Gattung Equisetum ihre bedeutendste Grösse im *Eq. arenaceum* (*Calamites arenaceus*), nähert sich aber durch die Tertiärzeit den jetzigen Arten.

Wenn die eigentlichen Schafthalme zu keiner Zeit eine besondere Rolle gespielt haben, so ist diejenige der Calamiten in den älteren

Fig. 950.



Annularia fertilis.

Fig. 951.



Sphenophyllum Schlotheimii.

Schichten desto bedeutender. Die Familie unterscheidet sich durch die vollkommen freien oder höchstens an der Basis zusammengewachsenen Quirlblätter und durch Fruchtähren, ähnlich denen der Bärlappe. Neueren Untersuchungen zu Folge ist die Gattung Asterophyllum nichts anderes, als die blättertragenden Zweige der Calamiten. Dagegen bil-

den die Gattungen Sphenophyllum und Annularia sichere Glieder der Familie, die in dem devonischen System beginnt, also ohne Zweifel der Vorläufer der eigentlichen Schafthalme ist und in dem permischen Systeme ausstirbt.

b. Farne.

§. 1460. Die Farne (*Filices*) sind Pflanzen mit wohl entwickelten Stengeln und Blättern, welche letztere die Fruchtbildungen auf ihrer Rückseite tragen.

Die Axe der Farnkräuter bietet drei Hauptformen dar. Die meisten bei uns wachsenden haben einen unterirdischen kriechenden Stengel, ein sogenanntes Rhizom, gewöhnlich einfach, seltener ein- oder mehrfach zweitheilig verzweigt, welches an seinem vorderen Ende mit einer grossen Terminalknospe und einem Blätterbüschel endigt, hinten nach und nach abstirbt, und in seiner ganzen Länge nach oben mit abgestorbenen Blattstielen bedeckt ist, nach unten aber faserige Wurzeln treibt. Die zweite Form ist die, wo die Axe senkrecht steht, sich etwas Weniges über den Boden erhebt, und sich sonst eben so verhält. Es ist dies der Uebergang zu den baumartigen Farnen, der dritten Form. Bei diesen erhebt sich der Stamm ansehnlich über den Boden, oft 20 bis 40 Fuss hoch, nach unten treibt er ausser den ursprünglichen Wurzeln noch eine Menge Adventivwurzeln, welche einige Fuss hoch über der Erde entspringen und sich in diese hinabsenken, so dass sie dem Baume als Stütze dienen. Verzweigungen kommen nur sehr selten vor. Die Blattkrone breitet sich schirmförmig wie bei den Palmen aus. Die Stämme sind mit schildförmigen Narben der abgefallenen Blattstiele bedeckt, auf denen die Stellen, wo die Gefässbündel austreten, durch punktförmige verschiedentlich gestellte kleine Narben bezeichnet sind. Die baumartigen Farne sind prachtvolle Gewächse, kommen aber in unserer Periode nur in tropischen Gegenden und über diese hinaus noch auf Inseln von feuchtem, warmem Klima vor, z. B. auf Neuseeland, wo sie einen grossen Theil der Vegetation bilden; sie machten aber in der Urwelt den grössten Theil der Steinkohlenflora aus und waren damals über die ganze Erde verbreitet.

Der innere Bau der Farnstämme zeigt viel Uebereinstimmendes, mögen dieselben holzig oder krautartig sein. Aeusserlich ist der Stamm (Stock) von einer oft sehr festen holzigen Schicht und den Resten der Blattstiele umhüllt, das ganze Innere ist von Parenchymzellen erfüllt, die oft verholzen. In diesen verlaufen die Gefässbündel auf sehr verschiedene Weise. Man kann ihre Stellung als centrale oder peripherische, d. h. mit der Rinde parallel, kreisförmig verlaufende bezeichnen, wobei es natürlich Mittelstufen giebt; auch die centralen Bündel stellen sich gewöhnlich in einen Kreis um eine im wirk-

lichen Centrum befindliche Markmasse, ausserdem findet man auch zerstreute Bündel. Diese Bündel haben verschiedene Formen — cylindrisch oder halbrund, bandförmig plattgedrückt u. s. w. Die letzteren sind auf dem Querschnitt oft verbogen, hufeisenförmig, halbkreisförmig u. s. w., woraus seltsame Zeichnungen entstehen. Sind sie sehr genähert, so entsteht bei den peripherischen ein Holzring, der äusseres und inneres Parenchym trennt. Das Gefässbündel besteht aus Spiral-, Ring- und Treppengefässen, die in punktirte, aber nicht in echte Tüpfelgefässe übergehen, und ist von dunkel gefärbten dickwandigen cylindrischen Zellen begleitet. Indessen sind die Spalten der Treppen oder Spaltgefässe von einer Art Tüpfelraum umgeben, der aber nicht rund ist, wie der der echten Tüpfelgefässe. Eigentliche Holzzellen, d. h. spindelförmige mit den Spitzen in einander geschobene Prosenchymzellen hat kein Farn, sondern nur verholzte Gefässbündel und verholztes Parenchym. Die Gefässbündel wachsen nur an der Spitze, und verdicken sich nicht. Mit diesem Baue des Stammes stimmt der des dicken Blattstiels oder Stipes mit gewissen Modificationen überein; bekannt ist der schiefe Querschnitt des Stipes von *Pteris aquilina*, auf dem man mit Hülfe der Phantasie den deutschen Reichsadler entdeckt. Es sind die braunen Gefässbündel, welche diese Figur bilden.

Der Stock der Farne wächst an der Spitze und verdickt sich, einmal gebildet, nicht mehr. Jede Wachsthumsperiode setzt gleichsam einen neuen Cylinder mit horizontaler Basis auf den alten, und gilt dies von allen Kryptogamen mit ausdauerndem Stengel.

Die Stämme und Rhizome fossiler Farne sind in neuerer Zeit vielfach untersucht worden und stimmen in allen diesen Stücken ganz mit den noch lebenden überein. Die Blattnarben, womit sie bedeckt sind, stehen in abwechselnden Quirlen oder Spiralen und nur höchst selten zweizeilig (*Megaphyton*); sie stehen unten weiter aus einander als oben, zum Beweise, dass der Stamm sich streckt. Die Blattnarben sind stets in der Richtung der Stammaxe am längsten. Zwischen ihnen stehen feine Närbchen, welche von den abgefallenen Haaren oder Stacheln herrühren, die den Stamm wie ein Filz einhüllen. Die Terminalknospe der Farne besteht aus Blättern, die in der Knospenlage von oben nach unten eingerollt sind. Hiervon machen Ophioglossum und Botrychium eine Ausnahme.

Das Blatt (Wedel), Fig. 952 a. f. S., der Farne gehört zu den §. 1461.
schönsten Gebilden des Pflanzenreichs. Sein Stiel (*Stipes*) ist dick, gewöhnlich auf der Innenseite mit einer Rinde versehen und geht so in die Mittelrippe (*Rhachis*) über; meist ist derselbe mit Haaren, Spreuhlättchen, bei einigen auch mit Stacheln versehen, und hat an der Basis eine dicke verholzte Oberhautschicht wie die Stämme selbst.

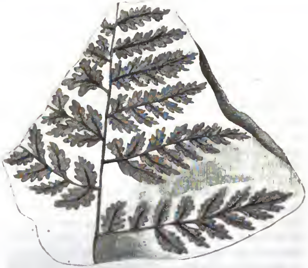
Die Blattfläche ist manchmal ungetheilt. Gewöhnlich ist es fiederig getheilt, vom einfach Fiederspaltigen bis zum vielfach Gefiederten (Fig. 953) in wunderbarer Abwechselung und Zierlichkeit. Sie haben vollkommene Oberhaut mit Spaltöffnungen, wovon nur die Hymenophyllen eine Ausnahme machen, deren Blätter, wie die der Moose, aus einer einfachen Zellenlage bestehen, übrigens aber auch fiedertheilig sind. Die Vertheilung der Blattnerven ist sehr constant und giebt gute Anhaltspunkte für die Bestimmung fossiler Farren. Als Hauptformen der Nerventheilung können gelten die fächer-

Fig. 952.



Neuropteris ovata. Von Wettin.

Fig. 953.



Sphenopteris Schlotheimii. Von Saarbrück.

förmige, die fiederförmige, mit gewöhnlich zweitheiligen Nerven, welche sich nicht verbinden, die doppelt fiedertheilige eben so, die einfach und

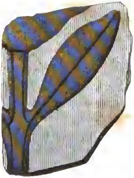
Fig. 955.



Sphenopteris gracilis.
Aus dem Hastingssande.
a ein Blatt vergrössert.

Fig. 954.





Pachypteris lanceolata.
Aus dem Bathonien.

doppelt fiedertheilige durch Quernerven verbunden, endlich die netzförmige. Im Allgemeinen gabeln sich die Nerven gern an der Spitze. Blätter mit parallelen Nerven sind selten, z. B. die fossile *Schizopteris.*

Auf der Rückseite der Blätter entwickelt sich die Fruchtbildung §. 1462.
(Fig. 956 a. f. S.). Es kommen hier zwei Hauptformen vor. Entweder stehen die Sporangien, die immer sehr klein sind, in verschieden gestaltete Häufchen gruppirt, auf der Rückseite des Blattes, gewöhnlich den Blattnerven folgend oder an deren Spitzen; oder die Blattsubstanz der fruchtbaren Wedel ist ganz verschwunden und die Kapseln, die dann gewöhnlich grösser sind, stehen an den Seiten der Blattnerven. Man kann sich dies auch so denken, dass in diesem Falle die Fiedertheilchen des Blattes selbst sich in ein Sporangium umbilden. Der elastische Zellenring, der im ersten Falle die Kapsel umgiebt, ist im

zweiten mehr oder weniger unvollständig, oder fehlt auch wohl. Diese Formen gehen aber vielfach in einander über. Bei der Stellung auf der Rückseite sind die Kapselhäufchen gewöhnlich von einer hautartigen Hülle, dem Indusium, bedeckt. Nach der Form und Stellung dieser Gruppen werden viele lebende Farnengattungen bestimmt; man findet sie aber auch hier und da noch wohlerhalten bei fossilen Farnen.

Fig. 956.



Pecopteris truncata. Von Wettin.
Auf mehren Fiederblättchen sitzen die runden, mit Sternfalten versehenen Fruchthaufen.

Bei der Keimung der Farne bildet sich zunächst ein blattartiger Vorkeim, aus welchem die vollkommene Pflanze hervorgeht.

Die jetzigen Farne gedeihen am besten in einer feuchten, warmen Atmosphäre; sie sind wahre natürliche Hygrometer; nach den Polen zu nehmen sie an Grösse und Zahl ab. Wenige nur wachsen im Wasser. Man kennt jetzt wenigstens 1500 lebende Arten und wahrscheinlich etwa 500 fossile. Die Familie beginnt mit dem devonischen System, gleichzeitig mit den Calamiten.

c. Lycopodineen.

§. 1463. Die Ordnung wird heute durch zwei Familien repräsentirt, die eigentliche Bärlappe und die Selaginellen, kleine krautartige Pflanzen. In der Vorwelt bildeten die baumartigen ausgestorbenen Familien mit den Calamiten und baumartigen Farnen die Wälder der Steinkohlenzeit.

Die jetzt lebenden Lycopodien (Bärlappe) bilden der äusseren Form nach einen Uebergang zwischen den Moosen und Farnen; ihre

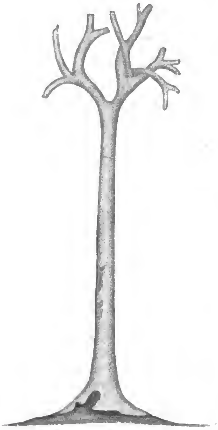
Fruchtbildung jedoch weist ihnen eine höhere Stellung an. Es sind kriechende Kräuter mit Adventivwurzeln an den Stengeln und faserigen Hauptwurzeln an der Basis, seltener aufrecht und holzig. Die Stengel theilen sich durch Bifurcation der Axe, nicht durch Axillarknospen, wie höhere Gewächse, und dies ist ein wesentlicher Charakter der Familie, der sich auch bei den Fossilien wiederfindet. Sie sind gewöhnlich mit einfach linearen, selten gelappten und zuweilen dimorphen Blättern bedeckt, die in Quirlen oder auch abwechselnd stehen und durch Uebereinanderdrehung Längsreihen bilden. Ihre schildförmigen oft rhomboidischen Narben zeigen nach dem Abfallen kleinere Narben, welche den Durchgang der Gefässbündel bezeichnen. Der innere Bau des Stengels zeigt äusserlich eine sogenannte Rindenschicht, dann ein lockeres Parenchym, endlich in der Mitte eine Axe von Gefässbündeln, welche meist bandförmig zusammengedrückt sind und aus Spiral-, Ring- und Treppengefässen bestehen, die ebenfalls in punktirte, aber nicht echte getüpfelte Gefässe übergehen. Die Gefässe selbst sind verhältnissmässig kurz, unten und oben verspitzt und bilden so einen Uebergang zu den Holzzellen, namentlich denen der Coniferen einestheils und den verlängerten Zellen der Moose anderentheils. Von der Axe gehen die Gefässbündel zu den Blättern und Wurzeln schief ab. Die Blätter bestehen aus Parenchym und einem durchlaufenden Gefässbündel; sie sind mit Oberhaut bedeckt, welche Spaltöffnungen hat.

Die Sporangien sind ovale oder nierenförmige Kapseln, die sich vertical oder horizontal durch zwei oder drei öffnen. Sie stehen auf der oberen Seite der Blattstiele oder, wo diese fehlen, in den Blattachseln, bleiben aber auf der Basis des Blattes sitzen, wenn man dieses abreisst, sind mithin immer epiphyllisch. Entweder sind die fruchttragenden Blätter den anderen gleich gebildet, oder von ihnen verschieden deckblattartig, und in letzterem Falle oft in endständigen Aehren vereinigt, die zuweilen auf nackten Stielen stehen. Eine Gattung, die auch sonst abweichend gebildete *Isoetes*, von der sich auch eine fossile Art in der Oeninger Formation findet, hat einen kurzen knolligen Wurzelstock, aus dem grasartige Blätter ohne Mittelnerv entspringen, an deren einschneidender Basis die Kapsel in einer Grube sitzt und von einem Deckblatt begleitet ist. Diese Kapsel ist in Fächer getheilt.

Die echten Lycopodien tragen einerlei, die Salaginellen dagegen zweierlei Sporen. Bei diesen sind die einen klein (Mikrosporen), einzellig, enthalten (bewegliche) Spiralfäden, und sind mithin Antheridien, die niemals keimen. Diese Mikrosporen finden sich ausschliesslich und in grosser Menge bei der Gattung Lycopodium, und sind das in den Apotheken bekannte *Semen Lycopodii*. Die anderen sind verhältnissmässig sehr gross, finden sich zu vier in einer Kapsel und bestehen nicht wie andere Sporen aus einer einzigen Zelle. Es sind vierseitige rundlich pyramidale Körper, von einer Membran umhüllt, die bei der Keimung

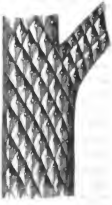
zerreisst, während sich das darin enthaltene Zellengewebe unmittelbar zum Vorkeim entwickelt, aus dem die Pflanze knospenartig aufsteigt, und welches dieser eine Zeitlang zur Nahrung dient, wie die Kotyledonen und Eiweisskörper der Phanerogamen, zu welchen diese Form insofern einen Uebergang bildet. Die Lycopodien lieben feuchten,

Fig. 957.



Lepidodendronstamm mit seinen Aesten aus dem böhmischen Kohlengebirge.

Fig. 958.



Stück eines Stammes von *Lepidodendron elegans.*

Fig. 959.



Einige Blattansätze in natürlicher Grösse.

schattigen Waldboden, einige aber wachsen im Wasser. Die Mehrzahl der nicht eben zahlreichen Arten findet sich in tropischen Gegenden von feuchtwarmem Klima. Eigentliche Bärlappe (Lycopodium) finden sich schon in der Steinkohle, so dass also dieser Typus sich unverändert erhalten hat.

Die Familie der Lepidondreen bildete gewaltige Bäume mit dichotomisch verzweigten Aesten, grossen, dicht in Spiralen gestellten, meist rhomboidalen Blattnarben, die stets sehr regelmässig bleiben und durch das Wachsthum sich zwar bedeutend vergrössern, der Form nach aber kaum verändert werden, mit einem inneren Gefässcylinder, der nur Parenchym einschliesst und sich durch die ganze Länge des Stammes fortsetzt und von einem dichten Parenchym eingeschlossen ist, das zwei Schichten unterscheiden lässt. Die Fortpflanzungsorgane bilden zapfen- §. 1464.

Fig. 961.

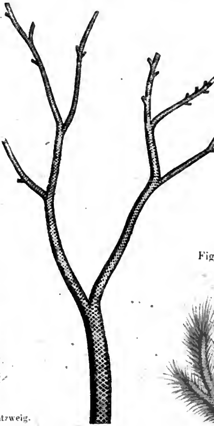


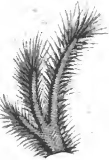
Fig. 960.



Endständiger Fruchtzweig.

Aeste eines Lepidodendronstammes.

Fig. 962.



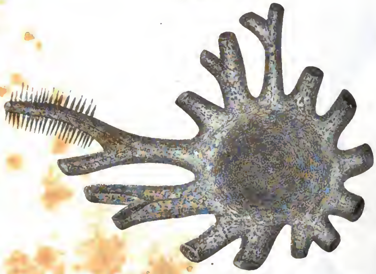
Endäste.

ähnliche Körper, die sich von denen der Coniferen durch ihre perpendikular zur Axe gestellten Deckblätter unterscheiden. Das Sporangium ist cylindrisch, sitzt auf dem horizontalen Theile des Deckblattes auf

und springt seitlich auf und enthält entweder nur männliche Mikrosporen oder nur kuglige pyramidale weibliche Makrosporen.

Die Familie beginnt im devonischen System und zeigt nur noch sehr wenige Repräsentanten in der Dyas; ihre Hauptentwickelung hat sie in der Kohle.

Fig. 963.



Stigmaria ficoides. Aus England.

Fig. 964.



Sigillaria Graeseri.
Daneben drei Blattansätze grösser.

Fig. 965.



Stück des Stammes von *Sigillaria elegans.*
Bei *a* ist die Rinde abgefallen.

Die Siegelbäume (*Sigillarieae*) mit ihren bald cannelirten, bald glatten Stämmen bilden das höchste Glied der Gruppe, da die Structur des Holzkörpers durch die Markstrahlen, welche sich an ihm zeigen, schon eine Annäherung an die Sagobäume erkennen lässt. Im Uebrigen stellt sie ihre Fructification, die unterirdische Vegetation ihrer Wurzel (Stigmaria), die Form ihrer Blätter und Blattnarben zu den Bärlappen, von denen sie sich wieder durch die lineare Anordnung ihrer Blattnarben unterscheiden. §. 1465.

Fig. 966.



Ganzer Stamm einer *Sigillaria* aus einer Kohlenmine in England.

Die eigentlichen Sigillarien finden sich nur im Steinkohlensysteme, während die den Lepidodendren näherstehenden Knorria schon in der devonischen Grauwacke vorkommen, wo auch ganz neuerdings zu einem Knorriastamm eine Stigmariawurzel gefunden wurde.

II. Phanerogamen oder Cotyledoneen.

Die Phanerogamen sind Pflanzen mit vollkommen ausgesprochenem Gegensatz von Axen und Blattorganen und mit zweierlei Reproductionsorganen, deren Einwirkung auf einander nicht mehr bezweifelt werden kann, und wovon man die einen (Staubfäden) als männlich, die anderen (Pistille) als weiblich bezeichnet. Bei der grossen Mehrzahl der Phanerogamen sind die Befruchtungsorgane von verschieden gestalteten und meist gefärbten Hüllen umgeben, die man als Blumen bezeichnet. Die Theile der Blüthe sind modificirte Blattorgane, auch die Staubfäden sind solche, und meist auch die Theile des Pistills, wiewohl hier auch Formen vorkommen, die der Axe angehören. Die junge Samenknospe (das Ei) dagegen ist immer zur Axe zu ziehen. Die Phanerogamen pflanzen sich nicht mehr durch Sporen, sondern durch Samenkörner fort, welche aus den Samenknospen durch Befruchtung entstehen, von zelligem, complicirtem Bau, mit einem Embryo (Keim) versehen, der, als erste Blattorgane, an einer schon vorhandenen Axe die vergänglichen Kotyledonen (Samenlappen) trägt, und sich nach längerer oder kürzerer Ruhe, durch echte Keimung, d. h. durch Entwickelung des Embryo, weiter bildet, welcher schon die ganze Anlage der künftigen Pflanze enthält, indem er am einen Ende seiner Axe rudimentäre Blättchen, am andern das Würzelchen sprossen lässt. §. 1466.

Man hat die Blumenpflanzen in zwei sehr ungleich grosse Gruppen nach der Structur der Fruchtorgane unterschieden. Bei den höher organisirten decksamigen (Angiospermen) ist das Ei in einem Ovarium eingeschlossen, welches durch das Pistill den Inhalt des Samenstaubs (Pollen) zu dem Ei leitet. Bei den nacktsamigen (Gymnospermen) dagegen liegt das Ei frei und wird direct befruchtet. Letztere sind niedriger organisirt und erscheinen früher als die ersteren in der Schichtenreihe.

1. Nacktsamer oder Gymnospermen.

§. 1467. Die Gymnospermen sind holzige Pflanzen, die lange, mit echten Tüpfeln, d. h. von einem grösseren Kreise umgebenen Punkten, versehene Holzzellen (Prosenchym) zeigen. Das Holz bildet gewöhnlich Jahrringe, die Stämme verdicken sich also, wie die der Dikotyledonen. Die Blüthen sind noch sehr unvollkommen, ohne eigentliche Blume, die Samenknospen sind nackt, d. h. nicht in einem Fruchtknoten enthalten und nur von ihren oft sehr entwickelten Samenschalen bedeckt, so dass sie ausgebildet manchmal das Aussehen echter Früchte gewinnen. Die Gymnospermen sind für die fossile Flora sehr wichtige Pflanzen. Sie bilden eine Mittelstufe zwischen den Filicineen, denen sie zum Theil auch schon dem Habitus nach gleichen, und den Monokotyledonen und Dikotyledonen, zu welchen letzteren man sie sonst ihrer Stammbildung wegen zählte. Man theilt sie in zwei grosse Stämme, die Sagobäume oder Palmfarne (*Cycadeae*) und die Nadelhölzer oder Zapfenbäume (Coniferen).

a. Sagobäume oder Palmenfarne (Cycadeen).

§. 1468. Die Cycadeen sind ein höchst merkwürdiger Typus, der zwischen Farnen, Coniferen, Palmen und Dikotyledonen in der Mitte steht, eine Form, die zwar jetzt noch ziemlich zahlreich lebend vorkommt, und in zwei Familien geschieden wird, die eigentlichen Cycas und die Zamien, die aber in ihrer höchsten Entwickelung der Urzeit angehört. Die Stämme gleichen denen der Palmen oder baumartigen Farne, sie sind zuweilen wie diese cylindrisch und hoch, öfter aber niedrig, dick, walzenförmig, fast so dick als lang, und manchmal fast kugelig, mit horizontalen Wurzeln und palmenartigem Blätterschopf. Aeusserlich sind sie mit Stielen der abgestorbenen Blätter, weiter unten mit breiten Blattnarben bedeckt. Diese Reste bilden die äussere Rinde, wie bei den Palmen und Farnen. Eine eigentliche Rinde ist nicht vorhanden, wohl aber eine dicke von feinen Zellenplatten und zahlreichen zu den Blättern gehende Gefässbündel durchsetzte Parenchymschicht, welche dieselbe vertritt. Darauf folgen mehrere starke Holzringe, die aber keine echten Jahrringe sind, von starken Markstrahlen radial durch-

brochen. Die Mitte des Stammes bildet eine weite Markröhre, von weichem Parenchym erfüllt, das sehr viel Stärkemehl enthält, welches man unter dem Namen Sago benutzt. Gefässe sind nicht vorhanden, die holzigen Theile bestehen aus langen Holzzellen, denen der Coniferen ähnlich, mit runden spiralförmig gestellten Tüpfeln um spaltförmige Poren. Die Markstrahlzellen sind sehr dünnwandig.

Die Blätter stehen in Spiralen. Sie sind, wie gesagt, endständig, doch finden sich auch zuweilen seitlich Blattbüschel auf den Stämmen, als Anfang einer Art Verzweigung. Die Blätter selbst sind sehr gross, auf dicken Stäben, oft stachelig, gleichen Palmblättern oder Farnenwedeln und sind einfach gefiedert, mit horizontal abstehenden Fiederchen, oder fächerförmig getheilt, von zäher lederartiger Beschaffenheit; daher die gute Erhaltung fossiler Cycadeenblätter. In der Knospenlage sind sie spiralig von oben nach unten eingerollt, wie die der Farne. Die Blüthen sind zweihänsig; die männlichen bilden eine Aehre oder einen Zapfen, mit grossen, oft holzigen Schuppen, welche letztere die sehr zahlreichen Antheren an der untern Seite tragen, was wieder an die Fruchtähren der Equiseten erinnert. Die weiblichen stehen bei den Cycas am Rande breiter blattartiger Organe, die sich bei Zamia in zapfenartige Büschel vereinigen. Es sind nackte Samenknospen, ohne Fruchtknoten, bloss von der Samenhülle bedeckt. Es entwickeln sich aus ihnen Steinfrüchte mit äusserer fleischiger und innerer holziger Schale. Diese enthalten einen grossen hornigen Eiweisskörper und einen oder mehrere Embryo nur mit ausgebildeter Wurzel und zwei verwachsenen Kotyledonen.

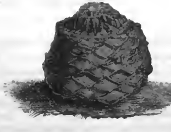
Die jetzigen Cycadeen wachsen zwischen den Tropen und wenig darüber hinaus, besonders im feuchten Inselklima. Sie bilden undurch-

Fig. 967.



Pterophyllum Preslanum.
Von Stonesfield.

Fig. 968.



Mantellia (Cycadoidea) megalophylla.
Von der Insel Portland.

dringlich dichte Wälder von seltsamem Aussehen. Das hier Gesagte passt so ziemlich vollständig auf die fossilen Cycadeen. Schon in der Steinkohlenformation findet man Blätter wie Noeggerathia, die höchst wahrscheinlich sich an die Cycadeen anschliessen. Deutlicher ist die Familie in der Dyas durch Pterophyllum und Zamites repräsentirt. Im Kenper treten die Cycadeen in überraschender Menge auf; bekannt sind die prachtvoll gefiederten Wedel von *Pterophyllum Jaegeri Br.* in Würtemberg. In der Juraformation (Fig. 968 u. 969 a. v. S.) scheinen sie ihre Hauptperiode gehabt zu haben; von da an nehmen sie ab, möchten aber in keiner neuern Formation ganz fehlen. In der Ter-

Fig. 969.

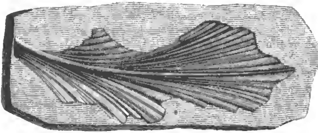
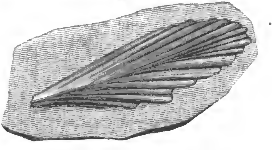


Fig. 970.



Noeggerathia expansa. Aus Russland.

tiärflora sind sie auffallend schwach vertreten, so dass man ihr Dasein in Zweifel gezogen hat.

Die fossilen Gattungen zeigen indess viele Abweichungen von den jetzigen, denen sie sich um so schwieriger vergleichen lassen, als die Früchte meist fehlen. Im Allgemeinen sind sie weit kleiner.

b. Nadelhölzer oder Zapfenbäume (Coniferen).

§. 1469. Die Coniferen sind Bäume oder Sträucher mit meist schlanken, geraden Stämmen und quirlständigen Aesten. Ihre Wurzeln verlaufen horizontal und haben keine eigentliche Pfahlwurzel. Der innere Bau

gleicht, oberflächlich gesehen, ganz dem der Dikotyledonen, mit Rinde, Bast, Jahrringen, Markröhre nnd Markstrahlen; sie haben aber keinerlei Gefässe. Die Zellen sind gross, sehr verlängert und mit jenen grossen runden Tüpfeln bezeichnet, welche sie selbst in den fossilen Hölzern noch so kenntlich machen. Es kommen diese Tüpfel, welche hier deutlicher als irgend wo erscheinen, und die wir deshalb gerade hier besonders hervorheben, um die Porencanäle in den Verdickungsschichten der Zelle vor, um welche an der Oberfläche der Zelle ein grösserer Kreis gezogen ist, so dass der Porus als dessen Mittelpunkt erscheint. Diese Kreise sind kleine hohle Räume von Linsenform zwischen zwei Zellen, deren Poren sich gegenüber, also in demselben Tüpfel stehen. Zwischen den langen Holzzellen, die mit den verdünnten Enden sich zwischen einander schieben, liegen die Markstrahlen aus kürzeren Zellen in radialer Richtung.

Die meist in Spiralen gestellten Blätter sind meist schmal, nadelförmig, lanzettförmig, selten breit und keilförmig, und gelappt. Die Cypressen und Thuyaarten haben schuppenförmige, an den Zweigen dicht anliegende Blätter. Die Blätter sind grösstentheils ausdauernd. Alle diese Formen kommen auch bei den Fossilen vor.

Die Blüthen sind einhäusig oder zweihäusig, die männlichen in Kätzchen, die den Fruchtähren der Equiseten zum Theil vollkommen gleichen, die Antheren sitzen auf der Rückseite von schildförmigen Blattorganen. Die weiblichen Blüthen stehen zuweilen einzeln an den Spitzen der Zweige als Endknospen der Achse, wie bei Taxus, oder sie sind in Köpfchen vereinigt; gewöhnlich aber stehen sie in den Achseln von Schuppen oft auf ebenfalls schuppenförmigen Samenträgern. Diese Schuppen werden später holzig und ihre Vereinigung bildet dann den Zapfen, der der Familie den Namen giebt. Es kommt aber vor, dass diese Schuppen fleischig werden nnd zu einer beerenartigen Scheinfrucht verwachsen, wie bei dem Wachholder u. a. Die Samenhülle der nackten Samenknospe wird auch oft holzig, ist zuweilen von einem häutigen Flügel begleitet nnd bedeckt sich auch manchmal mit einem fleischigen Samenmantel, wodurch wieder eine Scheinbeere entsteht, wie bei Taxus. Das Samenkorn ist oft gross, enthält immer einen grossen Eiweisskörper nnd einen Embryo mit zwei oder mehreren Kotyledonen (daher der Name Polykotyledonen einiger Autoren) und ein Würzelchen, das mit der Substanz des Eiweisskörpers verfliesst, also nicht scharf von diesem getrennt ist.

Alle Coniferen enthalten harzige Säfte in besonderen Harzgängen, die im Zellengewebe zerstreut sind. Das Harz ist bei manchen in solcher Menge vorhanden, dass es Harzstalaktiten bildet und selbst auf die Erde herabtropft, wo es Pflanzentheile, Insecten u. dgl. umhüllt.

Die Coniferen sind über die ganze Erde verbreitet, aber in sehr verschiedenen Typen. Sie wachsen zum Theil in Menge beisammen

und bilden grosse Wälder; in heissen Klimaten finden sie sich mehr auf den Bergen.

Die fossilen Coniferen sind sehr zahlreich. Schon in der Steinkohlenformation kommen Pflanzen dieser Abtheilung vor, welche sich

Fig. 971.



Voltzia heterophylla. Aus den Vogesen.
Endzweige, Mittelzweige und Fruchtzweige.

Fig. 972.



Walchia piniformis.
Aus der obersten Steinkohle und dem untersten Rothliegenden. *a* Zweig. *b* Fruchtähre. c Samenkapseln.

Fig. 973.



Ullmannia Bronni.
Im Weissliegenden und untern Zechstein.

den Araucarien zunächst anschliessen, die heute nur noch in Südamerika und auf den australischen Inseln vorkommen. Die Walchien, Ulmannien, Voltzien, Ptycholepis u. s. w. sind die Repräsentanten dieses Stammes, der in Californien in der riesigen Sequoia seine letzte nordische Entwickelung zeigt, nachdem er in der Kreide begann und

Fig. 974.



Voltzia heterophylla. Aus den Vogesen.

Fig. 975.



Brachyphyllum Orbignyanum.
Aus dem Cénomanien der *Iles d'Aix.*

Fig. 976.



Ein Zweig vergrössert.

seine höchste Ausbildung in der Mollassenzeit hatte, um mit der Tertiärzeit in Europa zu enden.

Die Albertien des bunten Sandsteines setzen sich in die heute lebende, fast isolirt stehende Gattung Dammara fort, die nur noch auf

Neu-Seeland und einigen Inseln des stillen und indischen Oceans vorkommt, keine Wälder mehr bildet und dem Aussterben nahe scheint.

Fig. 977.



Albertia elliptica. Aus den Vogesen (Bad Sulz).

Die Familie der Araucarien, welche fast ausschliesslich durch die Dyas, Trias und den Lias die Nadelhölzer in Europa repräsentirt, macht dann der Familie der Cypressen (Cupressineen) Platz, welche in der Jurazeit beginnt und in der Kreidezeit noch die Oberhand behält. In dieser erscheinen aber die Tannen (Abietineen), welche schon mit dem Beginne der Tertiärzeit über die Cypressen die Oberhand gewinnen, in dem Miocen ganz in den Vordergrund treten und heute noch, wenigstens im Norden, weit alle anderen Coniferen überwiegen.

In den Steinkohlen kommen fossile Stämme vor, welche durch die Einfachheit ihres Baues denjenigen der Araucarien nahe kommen.

2. Decksamer oder Angiospermen. a. Einlapper oder Monokotyledonen.

§. 1470. Die Monokotyledonen haben einen Embryo mit einem Samenlappen, der gewöhnlich die Knospe scheidenartig umgiebt. Das Würzelchen ist stumpf und theilt sich gleich anfangs in Fasern beim Keimen, daher haben diese Pflanzen keine Pfahlwurzel. Der Eiweisskörper ist gewöhnlich verhältnissmässig gross.

Die Stengel und Stämme der Monokotyledonen zeigen nie Jahrringe. Der Stamm der Monokotyledonen besteht aus zerstreuten Gefässbündeln, von Holzzellen und Bastbündeln begleitet, welche in der Parenchymmasse nicht in Ringen stehen, jedoch in der Regel im Umkreis zahlreicher als in der Mitte, wo das Parenchym oft eine grosse Markmasse bildet, ähnlich wie bei den Cycadeen. Da die Gefässbündel vielfach nach aussen zu den Blättern oder etwa vorhandenen Aesten

treten, so bilden sie Bogenlinien und kreuzen sich; daher die eigenthümliche Structur der Palmenstämme. Es finden sich alle Arten von Gefässen, — Spiral-, Ring-, netzförmige, Treppen- und Tüpfelgefässe; die Holzzellen aber haben keine Tüpfel. Oft vertrocknet und zerreisst das Markparenchym in der Mitte, dann werden die Stengel hohl, wie bei den Gräsern, eine Erscheinung, die wir schon bei den Equiseten bemerkten, und die sich auch bei Dikotyledonen findet. Man darf den Holzring der Gräser nicht als regelmässigen Gefässring betrachten. Eine echte Rinde ist nicht vorhanden, wohl aber eine sehr entwickelte Oberhaut, die oft viel Kieselerde enthält. Bei Palmen u. dgl. bildet sich eine scheinbare Rinde aus Blattstielresten, wie bei Farren und Cycadeen. Die Hauptachse der Monokotyledonen hat eine Neigung zum steifen gerade aufsteigenden Wuchs und verästelt sich wenig, oft, wie bei den Palmen, gar nicht.

Fig. 978.



Aethophyllum speciosum.
Aus den Vogesen.

Die Blätter sind der grossen Mehrzahl nach einscheidend, so dass oft der Stamm, wie bei den Gramineen, Musaceen, Palmen, ganz von den einscheidenden Blattstielen umhüllt und ansehnlich verdickt ist. Sie sind meist einfach, mit vorherrschender lanzettförmiger Form, doch oft auch gelappt, echt fiedertheilig oder fingerig, zuweilen ist aber, wie bei den Palmen, diese Structur wahrscheinlich nur eine Folge von Zerreissung der Blattfläche in regelmässige, gewöhnlich lanzettförmige Partien. Die Nerven laufen gerade aus, parallel, oder bogenförmig, oft durch rechtwinklig abgehende Quernerven verbunden.

Die Blüthen sind meist sehr wohl entwickelt. Im Ganzen herrscht die Perigonbildung vor, d. h. es ist nur eine ein- oder mehrblätterige

Blumenhülle der Reproductionsorgane vorhanden; oft aber lassen sich Kelch und Krone wohl unterscheiden. Bei den Blüthentheilen ist die Zahl drei oder deren Mehrfaches, gewöhnlich 2 × 3 vorherrschend. Dies gilt auch von den Staubfäden und selbst von den Fruchttheilen. Es liegt über unsere Grenzen hinaus, hier ins Einzelne zu gehen.

Die Monokotyledonen sind zwar weit zahlreicher, als die Gymnospermen, doch im Verhältniss zu den Akotyledonen und Dikotyledonen in wesentlicher Minderzahl vorhanden. Die meisten sind kräuterartig, die ausgezeichnetsten, namentlich die baumartigen Formen gehören den Tropen an.

In der fossilen Flora nehmen die Monokotyledonen eine eigene Stellung ein; in grösserer Menge beginnen sie erst spät, doch finden sich vereinzelte Spuren von ihnen schon früher. Was man in der Steinkohlenformation als solche anspricht, ist sehr unsicher. Die Blätter und Früchte, die man dort gefunden, haben nur eine entfernte Aehnlichkeit. Vollkommen sicher aber erscheinen sie in der Trias und zwar im bunten Sandstein mit Aethophyllum und Yuccites. Auch in den auf die Trias folgenden Formationen kommen Pflanzenreste vor, die man als zu den Monokotyledonen gehörig anspricht, z. B. die etwa faustgrossen und mit zelliger Oberfläche versehenen Früchte (*Podocarpa*) im untern Oolith. Doch beginnen die Monokotyledonen erst in der Kreideformation zahlreicher zu werden, und in der Tertiärflora haben sie ungefähr denselben Grad der Entwickelung wie in der Jetztwelt. Es sind vorzugsweise Reste von palmartigen Gewächsen, Gramineen, Cyperaceen, Liliaceen, Irideen, einige Typhaceen, Smilaceen und Najadeen, welche die Basis dieser Flora bilden. Monokotyledonenfrüchte kommen mit anderen zahlreich in dem Londoner Thon bei Sheppy vor. In der Tertiärflora finden sich fast alle grösseren, jetzt über die Erde zerstreuten Typen in Europa wieder — anfangs hauptsächlich die tropischen und subtropischen Formen, Palmen, Pandaneen, Aroideen, Bromeliaceen, Amomeen —, diese werden zusehends seltener in der Miocenzeit und weichen nach und nach den Typen, welche jetzt in Europa herrschen.

b. Dikotyledonen.

§. 1471. Diese die höchste Entwickelung des Pflanzenreichs darstellenden Gewächse bilden in unserer Weltperiode und in der Tertiärzeit die Basis der phanerogamen Flora, und beweisen dadurch mehr als irgend etwas den periodischen Fortschritt zu immer höheren Bildungen.

Grundcharakter der Dikotyledonen ist der Embryo mit zwei Samenlappen und ausgebildetem Würzelchen, welches bei der Entwickelung die absteigende Achse des Gewächses bildet, während bei den Gymnospermen, die auch mehrere Samenlappen haben, das Letztere

nicht der Fall ist, da die Wurzeln sich gleich horizontal ausbreiten und ohne absteigende Achse zerfasern. Die Hauptachse, wofern sie mehrjährig ist, zeigt concentrische Ringe, die sich mit jeder Vegetationsperiode um einen vermehren. Hiervon machen bloss einige tropische Hölzer eine Ausnahme, deren schnelles Wachsen in jenem Klima nicht an regelmässige Wachsthnmsperioden gebnnden ist. Auch fossile Hölzer finden sich ohne Jahrringe aus ähulichen Gründen, nnd gilt dies auch von gewissen Coniferen. Wie dem aber anch sei, der Stamm verdickt sich immer, wie bei den Couiferen, dnrch Ansatz neuer Holzmasse zwischen dem alten Holze nnd der Rinde, welcher Anwachs dnrch die sogenannte Cambinmschicht vermittelt wird. Von anssen nach innen zeigen sich stets folgende Abtheilnngen: Oberhaut, Rindenparenchym, Bast, Cambiumschicht, Holz, Markröhre, letztere im Mittelpunkt des Stammes. Es finden sich alle Arten vou Gefässen, welche in ringförmig gestellte Bündel vereinigt sind; die spindelförmigen, meist mit kleinen Tüpfeln versehenen Holzzellen entstehen mit den Gefässbündeln, beide zusammen jedoch bilden den Holzkörper; zwischen den Gefässbündeln und Holzzellen verlaufen die Markstrahlen, ans dem durch die Bündel zusammengedrückten Parenchym des Verdickungsringes gebildet, znm Theil von der Markröhre bis zur Rinde, immer in radialer Richtnng. Hier sind also die Gefäss- und Holzbündel nicht geschlossen, wie bei deu Monokotyledonen und Gefässkryptogamen, sondern sie setzen, wie bei den Coniferen, mit jeder nenen Periode von innen nach aussen nene Masse an, nnd eben dies bildet die Holzringe. In einjährigen Pflanzen findet sich daher natürlich nur ein Holzring oder anch nur ein Gefässbündelkreis, dessen Bündel sich nicht geung entwickelt haben, um einen geschlossenen Ring zn bilden.

Während die Monokotyledonen wenig Neigung znr Verästelnng zeigen, herrscht dagegeu bei den Stämmen der Dikotyledonen das Bestreben vor, möglichst viele Seitenachsen zn bilden, welche aus Axillarknospen hervorgehen.

Die Blätter der Dikotyledonen haben selteu parallele Längsnerven (Laurineen, Piperaceen) und wenn sie vorhanden sind, so sind sie doch immer bogenförmig gekrümmt; in der Regel ist der Nervenverlauf so, dass entweder von einem Mittelnerv die Seitennerven kammförmig anslaufen, oder dass sie sich bei dem Eintritt des Blattstiels in die Blattfläche divergirend vertheilen; dazwischen giebt es freilich viele Mittelformen. Die Nerven anastomosiren durch Seitennerven. Alle sind aus Gefässbündeln gebildet. Die Blattränder zeigen nnn vorherrschende Neigung znr Anszackung, was bei den anderen Pflanzen nicht in dem Grade der Fall ist; die Neigung zu einscheidenden Blattbildungen ist dagegen weniger vorhanden, als bei den Monokotyledonen, und zwar in Folge der freier entwickelten Stellung des Blattes.

Eben daher stammen auch die Gelenke der Blattstiele. Zusammengesetzte Blätter sind häufig, und zwar entwickelt sich die gefiederte Form aus der kammförmigen, die finger- oder fächerförmige aus der divergirenden Nervenstellung. Die Blättchen sind häufig abgegliedert, was bei Farren selten, bei Cycadeen, Palmen u. s. w. gar nicht der Fall ist. Diese Unterschiede sind von grosser Wichtigkeit bei Bestimmung fossiler Blätter.

Die Blüthen sind so vielgestaltig, dass wir uns auf deren Beschreibung nicht einlassen können. Man hat vollkommene und unvollkommene Blüthen. Erstere haben Kelch und Krone, ein- oder mehrblättrig, mit vorherrschender Zahl 5, oder wenigstens ein Perigon; letztere sind auf die Reproductionsorgane und verkümmerten Blüthentheile reducirt, meist von Deckblättern und Deckschuppen beschützt. Dahin gehören die Kätzchen der Amentaceen, Salicineen u. s. w., die man zuweilen in fossilem Zustande findet, während die eigentlichen Blumen wegen ihrer zarten Beschaffenheit sich nur höchst selten erhalten. Man hat nach den Blüthenständen hauptsächlich drei Hauptgruppen unterschieden. Die Apetaleen oder Monochlamydeen, Blüthen, deren Schutztheile ganz verkümmert oder nur auf einen Kelch reducirt sind; Dialypetaleen, Blumen mit vielblätteriger Krone, und Gamopetaleen, Blüthen mit einblätteriger Glockenblume. Eben so vielgestaltig sind die Früchte, auf deren Beschreibung wir ebenfalls verzichten müssen, obgleich sie bei dem Fehlen der für die Classification so nothwendigen Blüthentheile einen höchst nöthigen Anhaltspunkt für die fossile Botanik geben, welche sich bei ihren Classificationen und Bestimmungen natürlich an diejenigen Theile halten muss, welche die Vorwelt uns mehr oder weniger gut erhalten überliefert hat.

Man hat sich in früherer Zeit nicht viel um die dikotyledonen Fossilien bekümmert, da man sich fast ausschliesslich mit den Pflanzen älterer Formationen beschäftigte. Die neueren Arbeiten über die Tertiärformationen haben einen Formenreichthum zu Tage gefördert, der sich täglich vermehrt und um so wichtiger ist, da wir in der jetzigen Flora Anhaltspunkte finden, von denen aus wir in dieses bisher so dunkle Gebiet mit grösserer Sicherheit eintreten und darin weiter fortschreiten können.

§. 1472. Das Vorkommen von fossilen Dikotyledonen in den alten Formationen ist nirgends mit Bestimmtheit nachgewiesen; vereinzelte Vorkommnisse der Art würden auch weiter nichts beweisen, als dass die Natur schon in früher Zeit diesen Typus aufgenommen und erst später weiter ausgeführt habe, sowie etwa Säugethierknochen in der Juraformation sehr vereinzelt vorkommen. Gewiss ist, dass erst in der Kreideformation wirkliche Dikotyledonen erscheinen; in der Tertiärzeit

treten sie dann als vorherrschende Pflanzen auf, welche unserer jetzigen Flora ähnlich, aber nicht mit ihr einerlei sind. Nur in den neuesten Tertiärschichten finden sich einzelne, die vielleicht mit lebenden Arten zusammenfallen.

Wenn die Flora der alten und mittleren Formationen nur auf ein feuchtwarmes Tropenklima hinweist, das damals auf der ganzen Erde herrschte, so zeigt die tertiäre Dikotyledonenflora schon eine Annäherung an unsere jetzigen Verhältnisse. Man sehe darüber Bd. I, S. 666, §. 757.

Betrachtet man die Entwickelung des Pflanzenreiches in seiner Gesammtheit durch die geologischen Epochen hindurch, so drängt sich jedem unmittelbar die Thatsache auf, dass die Floren, so weit sie bekannt sind, nach und nach sich geändert haben durch Weiterbildung der vorhandenen Typen, durch Abnahme und theilweises Aussterben derselben und durch Auftreten neuer Formen, über deren Entwickelung aus den früher vorhandenen noch verschiedene Ansichten herrschen. Schimper giebt in seiner Paléontologie végétale hierüber etwa folgende Bemerkungen, denen wir uns anschliessen. §. 1473.

Nimmt man die devonische Flora, die erste, von welcher wir uns eine allgemeine Idee machen können, zum Ausgangspunkt, und gehen wir von da aus bis zu unserer Zeit, so durchlaufen wir eine Anzahl von Floren, deren Physiognomie allmählich ändert, ohne dass wir den Punkt bestimmen könnten, wo die eine aufhört und die andere anfängt. Obgleich die Dauer dieser Perioden unberechenbar ist, so finden wir doch ein Kriterium, durch welches wir sie bis zu einem gewissen Grade fixiren und umgrenzen können: es ist die Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit, welche im Ganzen der Vegetation während einer bestimmten Zeit existirt und namentlich die aufsteigende oder absteigende Entwickelung gewisser Haupttypen, welche zu gewissen Zeiten auftauchen, sich erheben und so weit ausbreiten, dass sie die organische Physiognomie ihrer Periode bestimmen und deren Hauptcharakterzug bilden, um dann wieder von ihrer Höhe nach und nach in den Hintergrund zu treten und zuweilen gänzlich zu verschwinden. Diese Bewegung ist ebenso regelmässig und nothwendig wie die der Meereswelle, welche bis zu ihrem Culminationspunkt auschwillt, um dann zurückzusinken und der folgenden Platz zu machen. Inmitten dieser beständigen Veränderungen haben die Pflanzenphysiognomien dennoch etwas Bestimmtes, Persönliches, was sie von einander unterscheidet; sie sind demnach von denen, die ihnen vorangehen und folgen, um so verschiedener, je grösser der Zeitraum ist, der sie trennt.

Nach dieser vorspringenden Herrschaft der Haupttypen kann man die Vegetationsepochen in folgender Weise eintheilen.

Erste Epoche. Reich der Meertange (Thalassophyten).

§. 1474. Sie dauert von der ersten Entwickelung der Pflanzen im Urmeere bis zu den Schichten des Unterdevon. Was man bis jetzt noch im Silursysteme und in den untersten Schichten des devonischen Systemes gefunden hat, gehört den Meeresalgen an. Die Kohle, das Kali und der Schwefel, die sich in den silurischen Alannschiefern Schwedens finden, der Graphit und die übrigen kohlenhaltigen Absätze im Gneiss und Granit, in den alten cambrischen und silurischen Schichten sind wahrscheinlich von zersetzten Meerestangen gebildet. Alle Tange, die man bis jetzt hat bestimmen können, gehören ausgestorbenen Familien an, deren Formen wenig variirten; einige hatten bedeutende Dimensionen und eine feste, fast holzige Structur.

Zweite Epoche. Reich der Gefässkryptogamen.

§. 1475. Die herrschenden Typen dieser langen Epoche, welche die mittleren und oberen Schichten des devonischen, das ganze Steinkohlen- und die unteren Schichten des permischen Systems begreift, gehören zum grössten Theile den Gefässkryptogamen an, welchen sich einige Gymnospermen als Repräsentanten der Phanerogamen beimischen.

Die Gefässkryptogamen, Farne, Bärlappe und Schafthalme, sind zwar noch in der heutigen Schöpfung vertreten, haben aber bedeutende Umänderungen erfahren. Schafthalme und Bärlappe, die in der Steinkohle Bäume bildeten, sind jetzt zu krautartigen Gewächsen herabgesunken, und wenn die Farne weniger an Grösse eingebüsst haben, so zeigen sie doch solche Verschiedenheiten, dass man fossile und lebende Arten nicht denselben Gruppen zutheilen kann. Die anderen Typen, Siegelbäume, Annularien, Sphenophyllen und Stigmarien, verschwinden plötzlich am Ende dieser Epoche und haben keine Abkömmlinge hinterlassen, die man ihnen zuschreiben und als Uebergang von der Vergangenheit zu der Gegenwart betrachten könnte.

Die Gymnospermen jener Zeit gehören zu den Cycadeen und Coniferen. Die Arten der ersteren haben nur eine entfernte Aehnlichkeit mit den heute lebenden, und die Coniferen waren durch einige Gattungen vertreten, in welchen man Charaktere erkannt hat, die sie unseren Araucarien nähern.

Bis jetzt hat man noch keine Angiospermen in diesen Schichten entdeckt; man darf also annehmen, dass sie zu jener Zeit noch nicht entwickelt waren.

Obgleich Farne, Calamiten, Sigillarien und Lepidodendren einen grossen Reichthum von Formen zeigen und zu diesen Baumkryptogamen einige Gymnospermen sich gesellen, so überrascht doch diese alte Flora

durch die Monotonie ihrer Zusammensetzung, nicht nur in einzelnen Localitäten, sondern in ihrer Verbreitung über die ganze Erde. Von den Polgegenden bis zum Aequator zeigen die Abdrücke dieselben Formen und gehören denselben Gattungen, ja denselben Arten an. Alle zu jener Zeit trocken gelegte Continente waren also von Gefässkryptogamen und Gymnospermen bedeckt, von welchen die einen, die Coniferen, äusserlich den baumartigen Bärlappen, die anderen, die Cycadeen, den baumartigen Farnen gleichen.

Dritte Epoche. Reich der Gymnospermen. Auftreten der Monokotyledonen.

Dieses Reich beginnt mit dem Uebergange in das rothe Todtliegende und erstreckt sich durch die Dyas, die Trias und den Jura. §. 1176.

In dem permischen Systeme sind die Coniferen durch die Walchien und Ulmannien, in der Trias durch die Voltzien und Albertien repräsentirt, die alle der Familie der Abietineen angehören. Die Cycadeen, die jetzt eine grosse Rolle spielen, eröffnen ihre zahlreichen Reihen mit den Pterophyllen, die gerade in dem Augenblicke auftreten, wo die Steinkohlenflora ihre charakteristischen Typen einbüsst. Zwei Formen, von welchen die eine an Zamia erinnert, die andere zu Pterophyllum gehören mag, setzen im bunten Sandsteine die grosse Familie der Cycadeen fort, die in dem Keuper und untern Lias eine ganz ausserordentliche Ausdehnung gewinnt. Im rothen Todtliegenden und im bunten Sandsteine herrschen noch die Coniferen und baumartigen Farne vor. Im Keuper und Lias dagegen treten die Cycadeen in den Vordergrund und geben der Flora dieser Schichten ein ganz eigenthümliches Aussehen, das noch durch eine Menge von Gefässkryptogamen vermehrt wird, die von denen der ältern Trias gänzlich verschieden sind. Diese letzteren sehen mehr den in den paläozoischen Schichten vorkommenden ähnlich als denen der jüngern Trias, deren Physiognomie vom Keuper an allmälig in die der Juraformation übergeht. Mit dem Keuper ändern die Schafthalme und Farne ganz bedeutend; die ersteren nehmen mit der gigantischen Grösse der Calamiten die Charaktere unserer heutigen Schafthalme an, und die Baumfarne des bunten Sandsteines sinken in ihrer Mehrzahl zum Range krautartiger Pflanzen herab. Im Lias erhalten sie bis dahin unbekannte Formen; die Arten mit breiten oder ausgeschnittenen Blättern und netzartiger Nerventheilung werden häufig.

Die Coniferen und Cycadeen beherrschen während der Juraperiode einzig die Physiognomie der Pflanzenwelt. Die Schafthalme sind kleiner geworden und haben nur noch die Dimension unserer heutigen tropischen Arten; die Baumfarne werden in Europa immer seltener. Die

Monokotyledonen treten mit Podocarya und anderen Pandanusähnlichen Formen auf.

Während der Wälderformation dauert das Vorherrschen der Gymnospermen mit gewissen Variationen der Typen fort, so dass man diese Schichten in botanischer Hinsicht eher als die directe Fortsetzung der Juraformation, denn als den Anfang der Kreide betrachten müsste; sie bilden einen Uebergang zwischen beiden.

Das erste Auftreten der Monokotyledonen kann aus Mangel an genügenden Thatsachen nicht genau bestimmt werden; doch ist es zweifellos, dass diese Classe schon im Beginne der Trias durch hoch organisirte Formen repräsentirt war, wie Palaeoxyris, Aethophyllum, Yuccites und Phyllites.

Vierte Epoche. Reich der Angiospermen.

§. 1477. Die Gewächse, welche diese Epoche charakterisiren, finden sich zum Theil in der Kreide und den Tertiärgebilden, sowie in unserer heutigen Schöpfung; indessen hat diese ganze, noch nicht beendete Periode weder die Länge der jurassischen Zeit und noch weniger die der Steinkohlenepoche erreicht.

Die Angiospermen, welche hauptsächlich diese Flora mit den zahllosen Arten der Zellenkryptogamen zusammensetzen, theilen sich in zwei grosse Kreise, die Monokotyledonen und Dikotyledonen. Die letzteren bilden drei Hauptgruppen: Kelchblüther (*Apetaleae*), Sternblüther (*Dialypetaleae*) und Glockenblüther (*Gamopetaleae*).

Die Monokotyledonen, welche in der hierarchischen Ordnung des Pflanzenreichs unmittelbar auf die Gymnospermen folgen und vor den Dikotyledonen ihre grösste Ausbildung hätten erlangen sollen, sind in keiner geologischen Epoche hinlänglich ausgebildet, um auf die Physiognomie dieser Epochen einen Einfluss auszuüben. Wir kennen nur einige Palmen, Gräser und höchst wenige Proben von anderen Familien. Wäre die Natur hier von ihrem gewöhnlichen Wege vom Niedern zum Höhern abgewichen? Oder kommt diese Lücke nicht vielmehr von der Structur und der Bildung dieser Gewächse? Das Letztere ist das Wahrscheinlichste. Fast alle Reste von Dikotyledonen, welche uns aus der Zeit der Angiospermen überliefert sind, gehören baumartigen Pflanzen an; dasselbe gilt von den uns bekannt gewordenen Monokotyledonen, fast nur Palmen und Pandaneen, die auch fast allein in diesem Kreise Bäume werden; die übrigen Monokotyledonen sind krautartige Gewächse, die das Schicksal aller Kräuter gehabt haben mögen, ob sie nun Dikotyledonen, Zellen- oder Gefässkryptogamen waren; sie werden untergegangen sein, ohne hinlängliche Spuren hinterlassen zu haben. Vielleicht waren auch die krautartigen Phanerogamen in weit geringerer Zahl als die Baumgewächse.

Wir können diese Epoche in drei Unterperioden theilen, je nach der Blumenbildung der Gewächse, welche die Oberhand haben.

a. Periode der Kelchblüther (*Apetaleae*).

Diese Periode begreift die Kreideformation und das Eocen. Die Physiognomie des Gewächsreiches in dieser Zeit entspricht der heutigen Flora von Neuholland. Proteaceen mit Cypressen vom australischen Typus herrschen vor und erreichen vielleicht den Höhepunkt ihrer Entwickelung. Zu diesen Erstgeburten der Angiospermen gesellen sich in den oberen Eocenbildungen andere Apetaleen und verdrängen sie sogar theilweise, wie die Amentaceen, Moreen und Laurineen; die Sternblüther sind durch die Celastrineen, Rhamneen, Araliaceen, Sterculiaceen und Nymphaceen repräsentirt. Die Leguminosen treten wahrscheinlich zum ersten Male auf, aber mit den kelchblüthigen Formen der Familie der Caesalpinien; die Gamopetalen erscheinen mit Typen, die unseren Ericaceen und Ebenaceen der heissen Zone ähnlich sehen. In dieser ganzen Flora giebt es noch keine Pflanzen von echt europäischem Habitus. §. 1478.

b. Periode der Sternblüther (*Dialypetaleae*).

Diese Flora hat einen sehr verschiedenartigen und complicirten Charakter. Die Proteaceen nehmen ab, die zahlreichen Formen der Amentaceen setzen ihre Entwickelung fort; die Gewächse mit Blumenblättern (*Corolliflorae*) treten auf, aber vorzugsweise Familien mit freien Blumenblättern; die glockenblüthigen Gewächse mit verschmolzenen Blumenblättern sind noch in entschiedener Minderheit. §. 1479.

In Europa zeigt diese Periode ein Gemisch von australischen, indischen und amerikanischen Formen. 200 Arten gehören den Kelchblüthern an, wovon etwa 90 Amentaceen und 60 Proteaceen. Die Kronenblüther zählen mehr als 500 Arten, darunter etwa 400 Sternblüther und nur 100 Glockenblüther.

Die hauptsächlichsten Repräsentanten der Kelchblüther sind die Salicineen, Cupuliferen, Proteaceen, Myricaceen, Laurineen und Moreen; die der Sternblüther die Menispermeen, Magnoliaceen, Ampelideen, Araliaceen, Myrtaceen, Tiliaceen und ganz besonders die Acerineen, Rhamneen, Sapindaceen, Terebinthaceen, Anacardiaceen u. s. w. Die Leguminosen zählen allein schon über 150 Arten, worunter beinahe 40 Caesalpineen, deren Blumenkronen bald vollständig, bald unvollständig sind oder ganz fehlen. Die Glockenblüther sind in dieser Flora zwar vorhanden, aber in sehr geringer Menge; es sind Ericaceen, Diospyreen, etwa 20 Synanthereen, Asclepiadeen, Oleaceen, Convolvulaceen und Rubiaceen. Die meisten dieser Familien zeigen noch

eine entschiedene Neigung der Blumenkrone, sich zu theilen. Es sind Uebergangsformen, die von der einen grossen Abtheilung zur andern hinüberleiten.

c. Periode der Glockenblüther (*Gamopetaleae*).

§. 1480. Dieses Unterreich beginnt mit einer kleinen Zahl von Typen in dem Miocen und vermehrt sich nach und nach, aber so rasch, dass seine Entwickelung in den jüngeren Schichten schon bedeutend ist. Der indo-australische Charakter verschwindet mehr und mehr und macht nordamerikanischen Typen Platz, die sich ohnehin durch viele gemeinsame Formen eng an die europäischen anschliessen. Die obersten Tertiärgebilde, das Pliocen, haben bis jetzt zu wenig Materialien geliefert, um den Entwickelungsgang der Gamopetalen während dieser Zeit genauer verfolgen zu können; wir dürfen aber aus dem Charakter der heutigen Flora schliessen, dass sie stets zugenommen haben. Wir zählen gegenwärtig etwa 30 000 Arten Gamopetalen, 40 000 Dialypetalen und 5000 Apetalen. Diese Zahlen beweisen, dass die letzteren, die im Beginne des Reiches der Angiospermen die grosse Mehrheit des Gewächsreiches bildeten, jetzt nur eine kleine Minderheit ausmachen, und dass die Gamopetalen, welche im Anfange und in der Mitte sich zu den Dialypetalen verhielten wie 3 : 12, allmälig zu der Verhältnisszahl 3 : 9 und schliesslich in der heutigen Schöpfung zu der Zahl 3 : 4 sich erheben.

Das Reich der Gamopetalen ist noch in beständigem Fortschritt begriffen, denn die typischen Formen herrschen noch vor und die Arten sind verhältnissmässig wenig zahlreich; wenn die Arten in einer Gattung zunehmen, so geschieht dies entweder durch freiwillige Bastardzeugung oder durch die Umwandlung der Varietäten in Arten. Da der Individualismus in dieser Ordnung weit mehr vorherrscht als bei den anderen Angiospermen, so sind Collectivindividuen weit seltener; es giebt also weniger baumartige Formen. Man kann daraus schliessen, dass eine Zeit kommen wird, wo die Wäldervegetation in weit höherem Maasse als jetzt gegen die krautartigen Gewächse zurücktreten wird. Die grossen Baumformen, welche wie Korallenstöcke unzählige Individuen auf einem Stamme vereinigen, werden nach und nach schwinden, um einfacheren Formen Platz zu machen, in welchen das Individuum mehr hervortreten wird. Wenn dies wirklich der Entwickelungsgang des Pflanzenreichs ist, so gäbe diese stets fortschreitende Individualisation zugleich die Erklärung des Umstandes ab, dass die baumartigen Angiospermen in den älteren Schichten, die krautartigen in der heutigen Flora vorwalten. Für die Farne wie für die Monokotyledonen dürfte dasselbe Gesetz maassgebend sein.

Aus dieser Uebersicht der Entwickelung des Pflanzenreichs in der Erdgeschichte, die wir wörtlich Schimper entlehnt haben, geht hervor, dass die Ausbildung der Typen in chronologischer Hinsicht den Schlüssen entspricht, die man aus der Untersuchung ihrer Structur ziehen muss. Vom Einfachen zum Zusammengesetzten, vom Niedern zum Höhern! Die zahlreichen Zwischenformen, welche Typen verbinden, die heute streng von einander geschieden sind, zeigen, dass sich die einen allmälig aus den anderen hervorgebildet und nach verschiedenen Richtungen hin stets mehr und mehr differenzirt haben. Die neu entstandenen Typen kämpfen um ihr Dasein, unterliegen zuweilen, streiten sich aber in vielen Fällen siegreich durch, überwinden ihre Nebenbuhler und setzen sich an deren Stelle. So bietet denn die Paläontologie der Pflanzen trotz ihrer Lückenhaftigkeit ein grossartiges aber zugleich einfaches Bild der allmäligen fortschreitenden Ausbildung durch progressive Umwandlung der ererbten Charaktere und Anpassung derselben an die äusseren Umstände. §. 1481.

Diese letzteren sind begreiflicher Weise bei den an den Boden gebundenen Pflanzen weit einflussreicher als bei den frei beweglichen Thieren. Aus demselben Grunde lassen sich aber auch aus der Untersuchung der fossilen Floren weit bestimmtere Schlüsse über Klima, Beschaffenheit des Bodens und der Atmosphäre, sowie über die Vertheilung von Land und Wasser ziehen, als aus der Untersuchung der Faunen. Wir haben bei verschiedenen Gelegenheiten auf diese Folgerungen aufmerksam gemacht und haben deshalb nicht nöthig, darauf zurückzukommen.

B. Thiere.

Die übereinstimmende Organisation der Formelemente der thierischen und pflanzlichen Wesen, die man in schon mehr entwickeltem Zustande als **Zellen** bezeichnet, beweist wohl unwiderleglich, dass beide organische Reiche sich von einem gemeinsamen Boden aus entwickelt haben, aus welchem unmittelbar Zellen sich nach verschiedenen Richtungen hin differenzirten. Derselbe Beweis ergiebt sich aus dem Umstande, dass alle Pflanzen wie Thiere sich individuell aus der Zelle hervorbilden, indem die erste Anlage eines Individuums, Ei oder Keim, stets nur aus einer einfachen Zelle besteht. Ob diesen Zellen ungeformte, aus lebendem Stoffe gebildete Massen (sogenannte Moneren) zu Grunde lagen, kann uns für die paläontologische Entwickelung ziemlich gleichgültig sein, da wir für jetzt nur das wahrscheinliche Vorhandensein von Urwesen ohne bestimmte Zellengestalt behaupten, nicht aber deren Existenz nachweisen können, indem sie theils den Process der Versteinerung selbst, theils die Metamorphose der Gebirgsarten §. 1482.

nicht überdauern konnten. Von allen niederen wie höheren gallertartigen und schleimigen Formen muss also die Paläontologie von vorn herein absehen, obgleich die Nachweisung des Bathybins in gewissen Kreideschichten, der Medusen im Solenhofener Kalkstein darauf hindeuten, dass dieselben in den älteren Meeren in Unzahl vorhanden gewesen sein müssen.

Bei der Betrachtung der Protisten und Moneren machten wir schon darauf aufmerksam, dass sich unter diesen Urwesen ohne bestimmte Organisation zwei Tendenzen bemerkbar machten, die eine durch Ausbildung starrer und nicht kalkhaltiger Hüllen gegen das Pflanzenreich, die andere durch weichere oder kalkhaltige Hüllen gegen das Thierreich gerichtet. Zu diesen letzteren dürften die Amoeben, die nackten geiselschwärmenden sogenannten Infusorien (Euglena), die Flimmerkugeln, Labyrinthläufer und Schleimpilze (Myxomyceten) gehören. Unmittelbar an die Amoeben schliessen sich die Wurzelfüsser oder Rhizopoden, die wir als die niedersten Thiere betrachten.

1. Protozoen.

a. Wurzelfüsser (Rhizopoden).

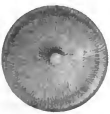
§. 1483. Diejenigen Formen, welche nur aus Schleimsubstanz ohne feste Hülle bestehen, haben für die Geologie keine Bedeutung, da sie durchaus nicht erhalten werden konnten, wenn sie auch, wie es wahrscheinlich ist, die älteren Meere in ungeheuerster Anzahl bevölkerten. Um so wunderbarer ist es, dass dieser formlose Leib, dessen Gestalt sich durch die unzähligen Schleimfäden, die er ausstrahlt, zusammenschmilzt, trennt und einzieht, jeden Augenblick ändert, die wunderbarsten, zierlichsten Gehäuse ausscheidet, welche bald, wie bei den Strahlwesen (Radiolarien), geometrische Formen von höchster Regelmässigkeit bilden, bald, wie bei den eigentlichen Rhizopoden oder Foraminiferen, sich zuweilen so sehr den Gehäusen höherer Thiere in ihrer Form nähern, dass man früher sie sogar zu denselben stellte. Die Foraminiferen haben nur kalkige Gehäuse gebildet; die Radiolarien auch kieselige Gebilde, welche entweder höchst feine Stacheln und Strahlen zeigen, die von einem Mittelpunkte ausgehend, nach bestimmten mathematischen Gesetzen angeordnet, den Körper durchsetzen, oder gegitterte Kugeln und Körbe erzeugen, durch deren Oeffnungen die Schleimfäden austreten. Man hat diese gitterförmigen Schalen auch Polycystinen genannt. Sie finden sich hauptsächlich fossil in Tripeln, Polirschiefern und sogenannten Kreidemergeln, die aber alle der Tertiärzeit angehören, von Caltanisetta in Sicilien, von den Inseln der Nikobaren und Barbados, so dass also diese Polycystinen erst mit der Tertiärzeit ins Leben getreten zu sein scheinen. Die Kieselnadeln der übrigen Radiolarien

sind so fein und mikroskopisch, dass man sich über ihr Verschwinden, wenn überhaupt solche Thiere vorhanden waren, nicht verwundern darf.

Die Radiolarien stellen die pelagische Form der Classe dar; man hat bis jetzt lebende Thiere der Art nur in dem Meere schwimmend gefunden. Dagegen kriechen die kalkschalenbildenden Foraminiferen auf dem Meeresboden in allen Tiefen und bilden häufig, wenn nicht den ganzen Bodensatz, so doch einen grossen Theil der Massen des Grundes und der Anhäufungen am Strande. Zu allen Zeiten sind sie massenbildend aufgetreten, und ganze Gebirgssysteme sind fast ausschliesslich von ihren Schalen zusammengesetzt.

Ueber die geologische Succession ihrer Formen kann bis jetzt noch kein Urtheil abgegeben werden, da überhaupt die Classification der Thiere und Schalen noch sehr im Unklaren ist. Die ältesten Formen scheinen die im Verhältniss zu den übrigen gigantischen, mehr oder minder scheiben- oder kuchenförmigen Gestalten zu sein, welchen die Orbitoliten der Kreide und die Nummuliten der Tertiärgebilde anzu-

Fig. 979.



Orbitoides media.
Aus der weissen Kreide.
Von oben.

Fig. 980.



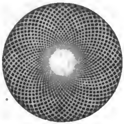
Senkrechter Durchschnitt.

Fig. 981.



Profilansicht.

Fig. 982.



Horizontalabschnitt.

reihen wären, die ausgestorben sind. Zu ihnen gehört das älteste bis jetzt bekannte Fossil, das Eozoon, das zuerst in Canada, dann auch in Europa in scheinbar ozoischen Schichten aufgefunden wurde.

Fig. 983.



Nummulites nummularia.
Von oben.

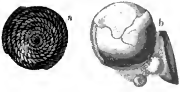
Fig. 984.



Nummulitenkalk aus den Pyrenäen.

In den obersilurischen und devonischen Schichten hat man bis jetzt noch keine Foraminiferen gefunden, wohl aber im Kohlenkalke

Fig. 985.



Nummulites laevigata.
Pariser Grobkalk.

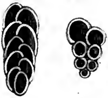
Fig. 986.



Textularia Meyeriana.
Aus den Faluns.

Russlands die ausgestorbenen Fusulinen und im Kohlenkalke Englands Textularien, die von da an durch alle Schichten und auch in der Jetztwelt sich wiederfinden.

Fig. 987. Fig. 988.



Textularia aciculata. *Textularia striata.*
Aus der weissen Kreide.

In der Dyas beginnt eine neue Gattung, Dentalina, welche bis in die heutigen Meere sich fortsetzt.

Im Lias nehmen die Foraminiferen einen bedeutenden Aufschwung mit vierzehn neuen Gattungen, von welchen nur eine ausstirbt, alle anderen aber bis heute sich fortsetzen, worunter die gestreckten Marginulinen und die den Ammoniten ähnlich gewundenen Rotalien und Robulinen.

Fig. 989.



Fusulina cylindrica. Aus dem russischen Kohlenkalke.

a Natürliche Grösse. *b* Vergrössert von der Seite der Oeffnung aus. *c* Dieselbe Ansicht. Ein Theil der Schale ist weggebrochen, um die inneren Kammern zu zeigen. *d* Ansicht von dem Endpunkte der Axe aus.

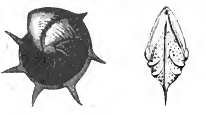
Im Oolith beginnen die einkammerigen Gattungen (Goniolina), denen sich später andere zugesellen (Orbulina etc.).

In der untern Kreide giebt es nur wenig neue Gattungen, dagegen ausserordentlich viele (etwa 30) in der weissen Kreide.

In den Tertiärgebilden gesellen sich weniger neue Formen hinzu;

da aber die meisten Typen sich durch alle Schichten erhalten haben, so sind die Gestalten doch noch mannigfaltiger.

Fig. 990.



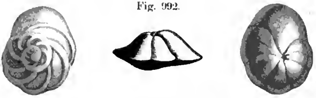
Robulina echinata.
Aus dem Subapenningebilde.

Fig. 991.



Dentalina sulcata.
Aus der weissen Kreide.

Fig. 992.



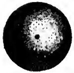
Rotalia Boueana. Aus dem Wiener Becken.

Fig. 993.



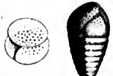
Marginulina harpula.
Aus dem untern Lias.
Von d. Rücken, d. Seite und von oben.

Fig. 994.



Orbulina universa.

Fig. 995.



Chrysalidina gradata.
Aus dem Cénomanien.

Fig. 996.



Triloculina Josephina.
Aus dem Wiener Becken.

Fig. 997.



Lituola nautiloidea.
Aus d. weissen Kreide. Daneben d. Querschnitt d. Schale.

Fig. 998.



Dieselbe jung, stärker vergrössert.

Ein Gesetz der Formenentwickelung hat sich, wie schon bemerkt, bis jetzt noch nicht ableiten lassen. Man hätte vielleicht erwarten können, dass die einkammerigen Schalen zuerst auftreten müssten und

Fig. 999.



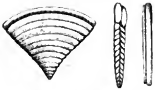
Flabellina rugosa, Aus der weissen Kreide.

Fig. 1000.



Bulimina obliqua. Weisse Kreide.

Fig. 1001.



Cuneolina pavonia. Von vorn, von der Seite und von oben.

Fig. 1002.



Amphistegina Haueri. Aus den Faluns.

von den vielkammerigen gefolgt wären; dies ist aber nicht der Fall. Bemerkenswerth ist die Beständigkeit der Formen durch die geologischen Epochen hindurch, indem von 79 fossilen Gattungen, die man vor zehn Jahren unterschied, 51 Gattungen, also über 64 Procent, noch in den heutigen Meeren leben. Nicht minder überrascht die Ausdauer der Arten, denn es giebt welche in den heutigen Meeren, welche von denjenigen des Kreidemeeres absolut nicht zu unterscheiden sind (*Globigerina*), und dies Verhältniss nimmt bei denen der Tertiärgebilde bedeutend zu.

Aus diesen Thatsachen kann man schliessen, dass die Foraminiferen zwar in der weissen Kreide den bedeutendsten Aufschwung genommen haben, dass sie aber noch jetzt in beständigem Zunehmen begriffen sind, sowie ferner, dass sie zu keiner Weiterbildung von Typen Veranlassung gegeben haben, sondern einen Stamm darstellen, der sich mit geringen Variationen als solcher erhalten hat.

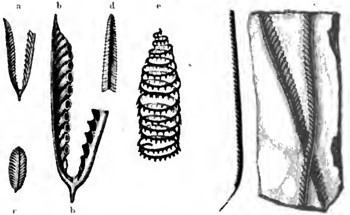
§. 1484. Von fossilen Infusorien, die hier wohl als zweite Classe anzureihen wären und von welchen aus wahrscheinlich die vielgestaltigen Würmer sich entwickelt haben, kann in dem heutigen Sinne des Wortes keine Rede mehr sein, da es keine Infusorien mehr giebt, welche erhalten worden sein könnten.

2. Pflanzenthiere. Zoophyta.

Nach den neuesten Arbeiten, namentlich von Häckel, müssen in diesem Kreise die Schwämme mit den Korallen und den Quallen vereinigt werden. Alle diese Thiere haben als gemeinsamen Charakter, dass ein System von ernährenden Gefässen existirt, welche in einem centralen, verdauenden Hohlraume einmünden und durch welche Canäle Ernährung, Kreislauf, Athmung und Abscheidung zugleich besorgt wird. Alle haben eine mehr oder minder grosse Neigung, Colonien oder Stöcke durch Sprossung zu bilden, bei welchen die Hohlräume der einzelnen Individuen oder die Canäle zusammenhängen, so dass die Ernährung des einzelnen Individuums Allen zu Gute kömmt. Die meisten sind auch an den Boden gefesselt, haben also keine freie Ortsbewegung, und da sich bei den höheren Typen eine strenge Regelmässigkeit in Durchführung einfacher Theilzahlen des Körpers herstellt, wobei besonders die Zahlen 4 und 6 mit ihren Multiplen massgebend sind, und diese Theile sich um eine senkrechte Axe gruppiren, so hat man sie auch früher als Strahlthiere bezeichnet, während jetzt mehr der Name Coelenteraten für sie angewandt wird. §. 1485.

Die Hydromedusen oder Quallenpolypen haben so wenige Reste hinterlassen, dass von ihrer Entwickelung gar Nichts zu sagen ist. Zu

Fig. 1008.



a Graptolithus (Prionotus) geminus. *b* Derselbe vergrössert. *c Graptolithus (Diplograpsus) folium.* *d Retiolites (Gladiolites) Geinitzianus.* *e Graptolithus turriculatus.* *f Grapt. Beckii.* *g Grapt. latus.*
abc aus Norwegen. *def* aus Böhmen. *g* aus England.

den Hydrar-Polypen gehören wahrscheinlich die im obersilurischen Systeme vorkommenden Graptolithen. Von einigen Schirmquallen oder Medusen hat man Abdrücke in den Schichten von Solenhofen entdeckt.

a. Schwämme (*Spongiae*).

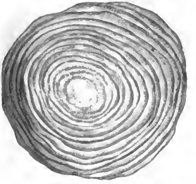
§. 1486. Das Gewebe dieser Thiere ist aus nackten Zellen ohne äussere Zellenhülle gebildet, die nach aussen zu einer hautartigen Schicht sich verdicken, nach innen zu dagegen frei bleiben und meistens auf ihrer freien Spitze Flimmerhaare entwickeln, welche einen beständigen Strom durch die inneren Höhlungen unterhalten. Diese bestehen meistens aus einem grössern, gewöhnlich cylindrischen Hohlraum, den Häckel als Magen ansicht und der mit einer grösseru Oeffnung, *osculum*, nach aussen mündet, welche trotzdem, dass gewöhnlich der Wasserstrom durch diese Oeffnung nach aussen und nicht nach innen geht, als Mund gedeutet wird. Von der Centralhöhle gehen bald einfachere und dann auch zuweilen sternförmig gestellte, bald sehr verwickelte Canäle aus, welche schliesslich durch mehr oder minder feine Poren sich nach aussen öffnen. Es giebt noch jetzt ganz einfache Schwämme von schlauchförmiger Gestalt, welche nur die innere, nach anssen geöffnete Höhle ohne Poren oder Canäle enthalten. Dann bilden sich Poren und Canäle, weiterhin durch Sprossung Stöcke mit vereinzelten Individuen, deren jedes eine besondere Oeffnung hat, und schliesslich verwachsen diese Individuen zu einem Ganzeu mit einer Oeffuung. Auch könuen die Oeffnungen der vereinzelten Individuen oder die Stöcke obliteriren. Die Thiere pflanzen sich durch freiwerdende eiufache oder zusammengesetzte Keime (*planulae*) fort, die mittelst Flimmerzellen frei im Wasser schwimmen und schliesslich sich festsetzen.

Von besouderer Wichtigkeit für die Geologie sind die Skelethildungen. Es giebt ganz weiche, schleimige Schwämme, andere, deren Gewebe eiue gummiartige Consistenz erhält. Aus diesen mögen sich die Skeletschwämme (*Scelctospongiae*) entwickelt haben, bei welchen festere Stoffe sich ausscheiden, entweder hornartige Fäden, die ein Maschengewebe bildeu, wie bei nnserm Badeschwamm, Hornschwämme, oder Kieselnadeln, die ebenfalls zu Gittern sich verflechten, Kieselschwämme oder Kalknadeln, die kleinste Ahtheilung, Kalkschwämme. Zu diesen jetzt lebenden gesellen sich noch in deu älteren Schichten die Steinschwämme (*Petrospongida*), die eiu steiniges Gewebe ohne Nadeln nnd meist eine sehr bestimmte Form besitzen. Sie beginnen in den ältesten silurischen Schichten mit einer becherförmigen Gattuug, nehmen wenig zu bis den jurassischeu und Kreideschichten, wo sie sehr zahlreich werden und verschwinden plötzlich mit einer Gattung (*Guettardia*) in dem Nummulitenterrain. In der Kreide giebt es mehr Varietäten in den Formen, im Jura dagegen zahlreichere Individuen, so dass ganze Schichten fast nur von ihnen zusammengesetzt werden.

Dass Kiesel- und Hornschwämme häufig in den alten Schichten vorkommen mussten, beweisen einerseits die zahlreichen Kieselnadeln, welche man im Bergmehl, Tripel, Polirschiefer u. s. w. findet, ander-

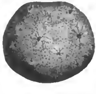
seits die Bohrschwämme (*Clione*), die sich in Muschelschalen einbohren und deren Röhren mit den Oeffnungen nach aussen man schon in Schalen der silurischen Schichten findet.

Fig. 1004.



Stromatopora concentrica.
Aus der Eifel.

Fig. 1005.



Stellispongia variabilis.

Fig. 1006.



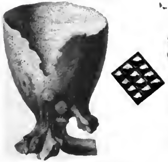
Siphonia ficus.
Von der Insel Wight.

Fig. 1007.



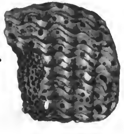
Camerospongia fungiformis.
Aus der weissen Kreide.

Fig. 1008.



Coscinopora cupuliformis.
Aus der weissen Kreide.

Fig. 1009.



Cliona Duvernoyi.
Aus d. Faluns der Touraine.

Ohgleich gerade die heutigen Schwämme, wie Oscar Schmidt bewiesen hat, die zahlreichsten Anhaltspunkte für Umwandlung und Veränderung der Arten bietet, so ist es dennoch noch nicht gelungen,

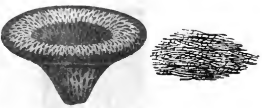
die fossilen in befriedigender Weise von diesem Standpunkte aus zu betrachten, da die wesentlichsten Anhaltspunkte dazu fehlen.

Fig. 1010.



Lymnorea Michelini.
Aus dem Bath-Oolith.

Fig. 1011.



Scyphia (Cribrospongia) reticulata.
Aus dem Oxfordkalke. Daneben einige Fasern vergrössert.

b. Korallenthiere (*Coralla* oder *Anthozoa*).

§. 1487. Mit den Hydromedusen haben diese Thiere Nesselorgane gemeinsam, kleine in der Haut sitzende Bläschen, aus denen bei der Berührung ein stehender, spiralförmig gewundener Faden vorspringt. Sie unterscheiden sich ausserdem durch grössere Differenzirung der Bildungselemente und meist auch durch die geometrische Gesetzmässigkeit in der Anordnung ihrer Theile. Es gruppiren sich nämlich die Organe strahlenförmig um einen Mittelpunkt oder um eine senkrechte Axe. Meist sieht man diese strahlenförmige Anlage am deutlichsten in den äusseren Fang- oder Bewegungsorganen, in den einziehbaren Tentakeln, welche im Kreise um den in der Axe gelegenen Mund stehen, in den inneren Theilen, welche der Geschlechts- und Athmungsfunction vorstehen, während die Verdauungshöhle selbst meist in der Mitte gelegen ist und einen einfachen Schlauch darstellt, der durch Spalten mit der Leibeshöhle communicirt, von welcher bei den Arten, welche gemeinschaftliche Stöcke oder Colonien bilden, Canäle ausgehen, die alle Individuen des Polypenstockes mit einander in Verbindung setzen. Sie pflanzen sich einerseits durch freischwimmende bewimperte Larven, anderseits durch Knospen fort, deren Anordnung die Form der Stöcke bestimmt.

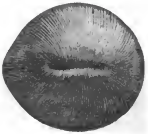
Die Geschlechtsorgane zeigen sich in Form bandartiger, auf Leisten aufsitzender Streifen, die, wenn sie verkalken, Leisten verschiedener Ordnung bilden, welche dem ganzen Körper ein strahlenartiges Aussehen verleihen. Zum Unterschiede von den Schwämmen, bei welchen man bis jetzt noch keine männliche und weibliche Producte hat unterscheiden können, zeigen sich bei den Korallen stets verschiedene Taschen in diesen Geschlechtsbändern, in welchen sich bald Eier, bald Samenthiere ausbilden. Die Embryonen, welche durch den Mund ausgeworfen

werden, sehen anfangs Infusorien ähnlich, indem sie einen eiförmigen, rundum mit Wimperhaaren besetzten Körper besitzen, und schwimmen frei im Wasser umher. Nach einiger Zeit erst setzen sie sich fest und bil-

Fig. 1012.



Fig. 1013.



Cyclolites elliptica. Aus d. Hippuritenkalke (Turonien). Von oben. Von unten.

Fig. 1014.



Cyclolites elliptica. Von der Seite.

Fig. 1015.



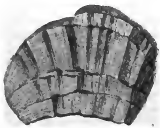
Turbinolia sulcata. Aus dem Grobkalke.

Fig. 1016.



Anabacia orbulites. Von oben.

Fig. 1017.



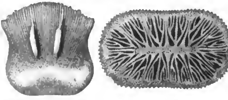
Chaetetes radians. Von Moskau.

den sich dann weiter zu Einzelkorallen oder zu ganzen Korallenstöcken aus. Diese letzteren entstehen alle durch Knospung, und ihre verschiedenen Formen sind das Product der mehr oder minder bedeutenden Ablösung der Knospen und der Stellung derselben zu einander, wodurch bald mehr massige, bald mehr baumartige Formen entstehen. Da mit Ausnahme einiger weniger Gattungen die meisten einen hornigen oder

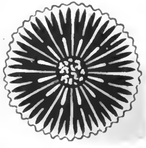
Fig. 1018.



Fig. 1019.



Eupsammia Maclurei. Aus dem Grobkalke.



Cyathina Bowerbanki. Aus dem Albien.

kalkigen Stock erzeugen, so sind sie stets wohl erhalten und fast in allen Formationen entwickelt, indem sie schon in den devonischen Schichten massenhaft auftreten. Die niedersten Formen stehen unleugbar den höchst gebildeten Schwämmen nahe — ob sich aber daraus eine wirkliche Abstammung nachweisen lasse, dürfte noch zweifelhaft sein.

Die Korallen sind zu allen Zeiten ausserordentlich häufig gewesen, wenn auch nicht an Gattungen und Arten, so doch an Individuen. In unseren heutigen Meeren finden sich Korallenthiere überall, aber die riffbildenden Korallen sind auf die wärmeren Meere beschränkt und gehen in unserer Halbkugel nicht über das rothe Meer hinaus. In den älteren Meeren erstreckten sie sich, so weit man ausgedehntere Kalkschichten findet; der silurische Wenlock-Kalk Englands ist ebenso gut ein einziges Korallenriff, als der Kohlenkalk von Moskau oder der weisse Jurakalk der schwäbischen Alp und erst in den jüngeren Tertiärschichten schmiegt sich die Verbreitung der heutigen an. Ebenso zeigt sich eine allmälige Annäherung an die heutigen Formen. Die ältesten

Gattungen der Jetztwelt stammen aus dem Oolith; viele Gattungen sind auf kleine, wenig mächtige Schichtengruppen beschränkt. Trotz des

Fig. 1020.



Dendracaea ramosa.
Daneben einige Zellen vergrössert.

Fig. 1021.



Cyathaxonia Dalmani.
Aus dem obersilurischen Systeme.

Fig. 1022.



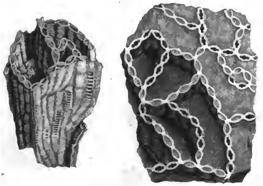
Aulopora serpens.
Aus dem obersilurischen und devonischen Systeme.

Fig. 1023.



Favosites polymorpha.
Aus dem obersilurischen Systeme Englands.

Fig. 1024.



Catenipora escharoides.
Aus dem obersilurischen Systeme Englands.

Fig. 1025.



Montlivaltia caryophylla.
Aus dem Bath-Oolith.

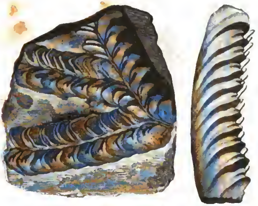
Fig. 1026.



Lasmocyathus aranea.

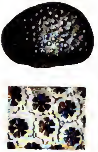
zahlreichen Materials aber, welches die heutigen, wie die alten Meere geliefert haben, dürfte eine genetische Betrachtung der einzelnen

Fig. 1027.



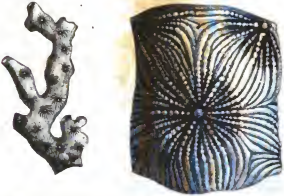
Phytogyra magnifica.
Im Ganzen und ein Ast von der Seite.

Fig. 1028.



Cryptocaenia bacciformis.
Daneben einige Zellen vergrössert.

Fig. 1029.



Synhelia Sharpeana.
Aus der weissen Kreide.

Ein Stück vergrössert.

Typen heute noch unmöglich sein, indem hierzu die wesentlichsten Anhaltspunkte, welche die vergleichende Entwickelungsgeschichte der jetzt lebenden Korallen allein geben könnte, uns fast gänzlich abgehen. Wir können jetzt nur sagen, dass die Korallen mit einfachen, röhrenförmigen oder eckigen Zellen ohne Sternwände, aber mit Querwänden im Innern der Zellen in den älteren Schichten weitaus die häufigsten sind, wäh-

rend sie in der Jetztwelt nur wenige Vertreter haben, wie z. B. die Orgelkorallen; im Uebrigen aber kennen wir noch so wenig die Entwickelungsweise der jetzt lebenden Typen, dass es besser ist, seine Unwissenheit zu gestehen, als Luftschlösser zu bauen.

3. Würmer (*Vermes*).

Die neuere Entwickelungsgeschichte weist stets mehr und mehr §. 1488.
darauf hin, dass in diesem vielgliedrigen Kreise, dessen einzelne Classen eine sehr verschiedene Bedeutung haben, gewissermassen das Stammreservoir von einer Menge von Ausbildungen zu suchen sei, welche nach verschiedener Richtung sich entwickelt haben. Wenn die Jungen, Embryonen und beweglichen Larven von Würmern selbst häufig von Infusorien nicht zu unterscheiden sind, so dass in diesen die Wurzel

Fig. 1080.



Serpula flagellum. Von Solenhofen.

gesucht werden müsste, von welcher aus der Wurmstamm sich entwickelt habe, so gleichen anderseits die Ammen und Larven gewisser Würmer so sehr denen der Stachelhäuter, dass hier eine ebenso in die Augen springende Verwandtschaft ausgesprochen ist, wie zwischen vielen Ringelwürmern und den Larven der Gliederthiere oder zwischen der Entwickelung der Seescheiden (*Ascidien*) und der Wirbelthiere. Es liegt aber die Lösung dieser Fragen in den Händen der vergleichenden Anatomie und ganz besonders der vergleichenden Entwickelungsgeschichte der heutigen Thierwelt und nicht in den Händen der Paläontologie aus dem einfachen Grunde, weil feste Bildungen, die uns in den Schichten hätten überliefert werden können, bei den Würmern nur äusserst selten vorkommen und auch dann noch meistens nur unwesentliche Theile sind, Gehäuse oder Röhren, welche über die Natur ihres Bewohners oft nicht den mindesten Aufschluss geben können. Alle

Weichwürmer, welche jetzt so zahlreich sind, können zwar Spuren hinterlassen haben, die aber keiner nähern Bestimmung Raum geben. Indessen haben wir die Gewissheit, dass Würmer schon in den ältesten silurischen Schichten vorkommen, indem dort schon Wurmröhren (*Serpula*), wenn auch sparsam, sich finden, die dann im Jura ebenso häufig werden als sie jetzt sind und anderseits jene grossen Wurmspuren sich finden, die man früher *Nereites* nannte, dann in mehre Gattungen (*Phyllo-*

Fig. 1031.



Fig. 1032.



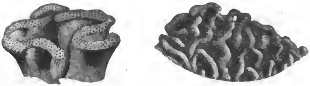
Nereites cambriensis.
Aus der untersilurischen Grauwacke des Thüringer Waldes und Englands.

docites, *Crossopodia*) schied und die Häckel jetzt unter dem Namen Panzerwürmer (*Phractelminthes*) als Stammeltern der Stachelhäuter ansieht.

Als Sackwürmer (*Himatega*) hat man neuerdings diejenigen Thiere zusammengefasst und bezeichnet, welche man bisher auch mit dem Namen Molluskoiden bezeichnete und in zwei Classen theilte, die Moosthiere (*Bryozoen*) und die Mantelthiere (*Tunikaten*). Inwiefern diese Thiere gerade mit den Würmern zusammenhängen sollen, ist noch sehr unklar. Die Mantelthiere, welche durch ihre Entwickelungsgeschichte entschiedene Beziehungen zu den Wirbelthieren zeigen, haben durchaus keine fossilen Spuren zurückgelassen, die als ihnen gehörig erkannt worden wären; die Moosthiere dagegen, die in ihrer Entwickelung Aehnlichkeit mit derjenigen der Brachiopoden zeigen sollen (wovon ich mich freilich nicht ganz überzeugen kann), kommen schon in den silurischen Schichten vor und haben sich bis auf unsere Zeit mit wechselnden und allmälig den heutigen sich annähernden Formen fortgesetzt. Man hat, der

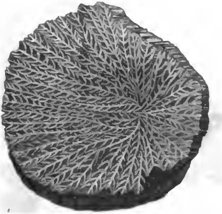
oben berührten Aehnlichkeit wegen, die Brachiopoden von den Moosthieren oder beide von einem gemeinsamen Stamme ableiten wollen — erstere wäre um so weniger thunlich, als Brachiopoden in der Primordialfauna schon vor den Bryozoen vorkommen. Ein gemeinsamer

Fig. 1033.



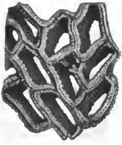
Maeandropora cerebriformis. Aus den Faluns.

Fig. 1034.



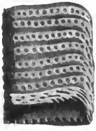
Reteculipora obliqua. Aus der weissen Kreide. In natürlicher Grösse.

Fig. 1035.



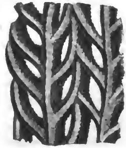
Aeussere Fläche vergrössert.

Fig. 1036.



Ein Blatt, stärker vergrössert, um die Zellenreihen zu zeigen.

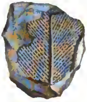
Fig. 1037.



Innere Fläche vergrössert.

Stamm beider könnte aber nur ein nackter, in den Eozoonschichten vorhanden gewesener Typus gewesen sein, von dem uns keine Kunde geworden ist.

Fig. 1038.



Ptylopora pluma.
In natürlicher Grösse

Fig. 1039.



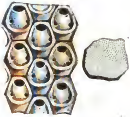
Ein Stück vergrössert.

Fig. 1040.



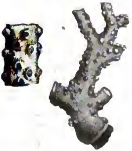
Vincularia regularis. Aus der weissen Kreide. Daneben die natürliche Grösse.

Fig. 1041.



Escharina Oceani. Aus dem Cénomanien. Daneben d. Masse in natürl. Grösse.

Fig. 1042.



Echinopora Poulini. Aus dem Albien. Daneben ein Stück vergrössert.

4. Stachelhäuter (*Echinodermata*).

§. 1489. Man zählte diese Thiere früher mit Korallen und Quallen zusammen zum Kreise der Strahlthiere, da in der That bei den meisten der Körper aus fünf Strahltheilen zusammengesetzt ist, welche strahlenförmig um eine centrale Axe gruppirt stehen und einander wiederholen. Abweichungen von dieser strengen Gliederung nach der Fünfzahl kommen nur bei einigen Seesternen vor, wo die Strahlenzahl sich vermehrt und unbestimmt schwankt, während bei den höheren Seeigeln allmälig der eine Strahl sich abweichend ausbildet und eine deut-

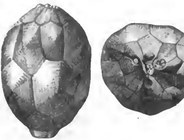
liche Längsaxe hergestellt wird, zu deren beiden Seiten die vier anderen Strahlen sich symmetrisch gruppiren.

Die Echinodermen unterscheiden sich von allen übrigen Thieren durch die eigenthümliche Verkalkung der Haut selbst, die bei einigen zwar auf einzelne höchst charakteristische Stücke beschränkt ist, bei den meisten aber durch Anschliessen dieser Stücke zu einem wahren Panzer sich entwickelt. Ebenso charakteristisch sind die Bewegungsorgane, die sogenannten Ambulakren, hohle contractile Füsschen, welche von Röhren oder von der Leibeshöhle aus durch eingepresstes Seewasser ausgestülpt werden. Endlich ist die Fortpflanzungsweise eine unabhängige, indem aus den Eiern sich eine symmetrische, mittelst einer Wimperschnur umherschwimmende Larve oder Amme entwickelt, die mit den Larven gewisser Würmer grosse Aehnlichkeit hat. In dieser Amme bildet sich nun durch innere Knospung das definitive Thier in der Weise, dass nur ein kleiner Theil des Ammenkörpers (meist nur ein Stück des Darmes) in die Knospe übergeht, der übrige Ammenkörper aber zu Grunde geht. Auf diese Entwickelung, sowie auf den Umstand gestützt, dass in den silurischen Schichten jene eigenthümlichen Panzerwürmer vorkommen, die den skeletirten Armen mancher gegliederter Seesterne ähnlich sehen, hat Häckel die Hypothese aufgestellt, dass die Echinodermen dem Wurmstamme angehören, dass jeder Arm eines Seesternes ursprünglich einem gegliederten Wurme entspreche und ein fünfarmiger Seestern als ein echter Stock von fünf gegliederten Würmern anzusehen sei, die mit dem hinteren Ende zu einer Scheibe zusammengewachsen, dort einen gemeinschaftlichen Mund und Magensack gebildet hätten. Uns scheint mit dieser Hypothese vorläufig die Thatsache unvereinbar, dass in Schichten, welche mit den Schiefern von Wurzbach, wo die Panzerwürmer vorkommen, gleichalterig sind, schon jene Seeäpfel vorkommen, bei welchen die Armbildung auf ein Minimum reducirt ist, ja sogar gänzlich fehlt und ferner bei denjenigen Typen mit Armen, die zu den ältesten gehören, wie die eigentlichen Seelilien, die Arme durchaus nur Bewegungs- und Greiforgane sind, aber absolut keine Beziehung zu den übrigen Organen haben, indem weder Verdauungs- noch Geschlechtsorgane sich in die Arme fortsetzen. Die ganze Ansicht wird demnach nur einzig durch die Seesterne gestützt, welche weder den ältesten, noch den zahlreichsten Stamm der Stachelhäuter bilden, so dass man viel eher geneigt sein dürfte, das Einwachsen der Organe in die Strahlen als eine erworbene Eigenthümlichkeit eines Seitenastes der Stachelhäuter anzusehen, während sie nach der Ansicht von Häckel die ursprüngliche Anordnung sein müsste.

Wir können unter den Stachelhäutern vier Haupttypen unterscheiden, die indessen zum Theile Zwischenformen zeigen. Den untersten §. 1490.

Rang nehmen nach der bisherigen Ansicht, die wir noch beibehalten, die **Seelilien** oder **Crinoiden** ein, welche mit nur geringer Ausnahme an den Boden befestigt sind und nur wenige Repräsentanten in der heutigen Schöpfung zeigen. Der Körper dieser Thiere ist becherförmig aus einzelnen aneinanderstossenden Kalkplatten gebildet und meist oben von einer lederartigen Haut überwölbt; in der Mitte derselben befindet sich der Mund, daneben gewöhnlich der After, au dem Rande des Körpers stehen die Fangarme im Kreise und der Fünfzahl nach geordnet. Die meisten Seelilien sind durch einen langen aus einzelnen Kalkplatten zusammengesetzten Stiel an den Boden befestigt; ihrer morphologischen Entwickelung nach zeigen sie vier wesentliche Typen: die **Seeäpfel** (*Cystocrinida*), Fig. 1043, bei welchen der kugelförmige Körper fast keine Arme besitzt und auf einem sehr kurzen, wahrscheinlich biegsamen Stiel an den Boden befestigt war. Dieser Typus ist nur in den älteren Schichten vertreten. Der zweite Typus ist der der **Blastoideen** oder **Pentremiten**, einer kleinen abweichenden Gruppe, die in den obersilurischen Schichten mit wenigen Vertretern beginnt, durch das Devonsystem hindurch zunimmt bis zu dem Kohlenkalke und in diesem erlischt, ohne, wie es scheint, Nachkommen zu hinterlassen. Bis zu einem gewissen Grade ist bei diesen, einer auf-

Fig. 1043.



Hemicosmites pyriformis.
Aus dem untersilurischen Systeme Russlands.

Fig. 1044.



Pentremites florealis.
Von der Seite.

Fig. 1045.



Pentremites florealis.
Von oben.

Fig. 1046.



Pentremites sulcatus.
Von der Seite, mit wohlerhaltenen Fiedern auf den Ambulacralfeldern.

Fig. 1047.



Pentremites Pailleti.
Von der Seite.

Fig. 1048.



Pentremites florealis.
Von unten.

brechenden Blumenknospe in der Form ähnlichen Geschöpfen, eine senkrechte Mittelebene hergestellt, zu deren Seiten die vier Strahlen symmetrisch angeordnet liegen, während der fünfte Strahl, durch dessen Mitte die Ebene gelegt werden müsste, abweichend ausgebildet ist.

Der dritte Typus, welcher die grösste geologische Bedeutung hat durch die Menge seiner verschiedenartigen Formen, ist derjenige der eigentlichen Seelilien (Fig. 1050 u. 1051), mit becherförmigem Kör-

Fig. 1049.



Pentremites Schulzi. Aus der Eifel.

Fig. 1050.



Encrinus liliiformis. Darunter ein einzelnes Stielglied von der Gelenkfläche aus. Aus dem Muschelkalke.

Fig. 1051.

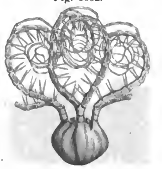


Pentacrinus fasciculosus. Aus dem mittlern Lias von Boll.

per, grossen, oft verzweigten Armen und langem Stiele; er wird von dem Jura an stets seltener und ist in unserer Schöpfung nur durch

höchst wenige Formen repräsentirt; und endlich der vierte Typus ist derjenige der Haarsterne (Comatuliden), Fig. 1052, die vollkommen frei sind und keinen Stiel im erwachsenen Alter besitzen. Dieser Typus, der in dem Jura beginnt, ist besonders in unserer Schöpfungsperiode wesentlich vertreten. Wir kennen jetzt die Entwickelungsgeschichte einer Art von Haarsternen (*Comatula* oder ***Antedon rosaceus***), die an den englischen Küsten vorkommt, ziemlich genau. Aus dem Ei entwickelt sich eine tonnen- oder eiförmige Larve oder Pseudembryo, welcher vier Gürtelreifen von Flimmerhaaren und an dem spitzen Ende einen langen Haarbusch trägt. An demselben Ende befinden sich zwei

Fig. 1052.



Saccocoma pectinata.
Aus der Oxfordgruppe. Mit eingezogenen Armen.

Oeffnungen, eine längere schlitzförmige, eine kleinere runde. Der Pseudembryo schwimmt mittelst der Flimmergürtel im Wasser umher und ähnelt zum Verwechseln den Larven eines Strudelwurmes (***Turbellaria***). In diesem Pseudembryo erscheinen nun zuerst Kalknadeln, die zu zehn Gitterplättchen zusammenschliessen und das erste Rudiment des Kelches der Seelilie darstellen. Dann erscheinen die ersten Anlagen des Stieles in Form von Kalkringen mit einer Endplatte. Nach und nach schliessen sich diese Kalkbildungen enger zusammen und der Pseudembryo schwimmt mit der gesammten innern, einem Kelchglase mit etwas gekrümmtem Stiele nicht unähnlichen Bildung umher. Dann schwindet der Pseudembryo und nun ist das Junge eine Seelilie mit kurzem Stiele, dickem breitem Becher, auf dessen Oberfläche der centrale Mund umgeben von fünf klappenförmigen Zipfeln steht, zwischen welchen die Arme hervorsprossen. Anfangs sind diese nur kleine Wärzchen, die gänzlich zwischen die fünf Mundklappen eingezogen werden können, später wachsen sie aus, theilen sich dichotomisch und drängen die Mundklappen nach innen. Der Stiel ist unterdessen ausgewachsen und die einem Pentacrinus ähnliche Larve setzt sich fest. Die ***Pinnulae*** sprossen an den Armen, und an der Einlenkungsstelle zwischen Becher und Stiel sprossen Ranken hervor. Sonach stellt am Ende des Larvenzustandes der junge Haarstern eine wahre Seelilie (*Pentacrinus* ***europaeus***) dar, mit fünf getheilten Armen, die seitliche Ranken besitzen, mit becherförmigem Körper, centralem, fünfeckigem Munde, excentrisch gestellter Afteröffnung und langem biegsamen Stiele, der dem Munde gegenüber an dem Becher angeheftet ist. Dort reisst sich der Haarstern später los, um frei umherzukriechen.

Betrachtet man diese Entwickelungsweise in Beziehung auf die Form und die Zeit der Erscheinung der einzelnen Theile, die uns hier einzig wichtig sind, da wir sie auf die paläontologische Entwickelung anwenden können, so ergiebt sich, dass in dem Pseudembryo, der einer Wurmlarve täuschend ähnlich sieht, zuerst der becherförmige Körper, fast unmittelbar darauf der Stiel und zuletzt die Arme entstehen, dass also die Seelilie nicht aus fünf primitiven, in einem Mittelpunkt vereinigten Armen entsteht. Dann ist es evident, dass die Seelilienform nur ein Larvenstadium ist, das den Gipfelpunkt seiner Entfaltung durch Losreissung vom Stiele und durch Bildung des nicht an den Boden gefesselten, frei umherkriechenden Haarsternes findet.

Wendet man sich nun zu der paläontologischen Entwickelung der Classe, so sind es die Cystideen, bei welchen der meist birnförmig geschlossene Kelch den rudimentären Stiel und die meist rudimentären, wie es scheint sogar in ihrer Zahl nicht gehörig fixirten Arme bedeutend überwiegt, welche in dem untersilurischen Systeme mit einem grossen Reichthum von Formen auftreten, diesen noch in den obersilurischen Schichten behalten, in dem devonischen Systeme aber schnell zurückgehen, um mit dem Kohlenkalke gänzlich zu verschwinden. Sie werden hier offenbar von der abweichenden Gruppe der Blastoideen ersetzt, die im devonischen Systeme beginnt und mit dem Kohlenkalke aufhört. §. 1491.

Die eigentlichen Crinoiden gehen durch alle Schichten ohne Ausnahme durch, erreichen in dem Kohlenkalke und dem Jura das Maximum ihrer Entwickelung, sinken aber schnell von dieser Höhe herab, so dass man in unserer heutigen Schöpfung nur zwei Arten aus dem westindischen Meere kennt, *Holopus* und *Pentacrinus*. In dieser Abtheilung aber zeigt sich noch eine besondere Entwickelung. Man hat zwei grosse Gruppen unterschieden, *Tesselata* und *Articulata*. Bei ersteren ist der Kelch gross, oben gewölbt und getäfelt, die Kelchtäfelchen hoch und dünn, eine weite Eingeweidehöhle einschliessend und mit glatten Rändern an einander gelagert, bei letzteren sind die Kelchtafeln dick, durch Gelenkleisten mit einander verbunden; der Kelch selbst sehr eng, die Eingeweidehöhle klein und ihre Decke häutig, so dass sie im fossilen Zustande verloren ist. Die *Tesselata*, bei denen häufig die Arme noch rudimentär sind und zu denen die hier abgebildeten *Cyathocrinus*, *Hypanthocrinus* (*Eucalyptocrinus*), *Cupressocrinus*, *Haplocrinus*, Fig. 1053, *Platycrinus*, Fig. 1054, und *Dimerocrinus*,

Fig. 1053.



Haplocrinus mespiliformis. Der Kelch von unten, von der Seite und von oben.

Fig. 1055, gehören, beginnen im untersilurischen Systeme mit sehr wenig Arten, nehmen stetig bis zum Kohlenkalke zu, hören dann aber

Fig. 1054.



Platycrinus triacontadactylus.

Fig. 1058.



Hypanthocrinus decorus. Aus dem obersilurischen Systeme Englands.

Fig. 1057.



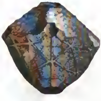
Cupressocrinus crassus. Aus der Eifel.

Fig. 1056.



Marsupites Milleri. Aus der weissen Kreide.

Fig. 1059.



Cyathocrinus caryocrinoides.

fast plötzlich auf, indem sie im permischen Systeme nur noch durch eine Art vertreten sind. Die Gattung *Marsupites*, Fig. 1056, scheint

Fig. 1055.



Dimerocrinus icosidactylus.
Aus dem obersilurischen Systeme Englands.

Fig. 1060.



Encrinus liliiformis.
Darunter ein einzelnes Stielglied von der Gelenkfläche aus.

Fig. 1064.



Saccocoma pectinata.
Aus der Oxfordgruppe. Mit eingezogenen Armen.

Fig. 1063.



Kelch von *Comaster* (*Comatula*) *costatus.*
Aus der Oxfordgruppe. Von der Seite und von oben.

sie in der Kreide zu wiederholen. Die Articulata dagegen scheinen erst in der Trias und zwar mit wenigen Arten zu beginnen, wenigstens ist es noch sehr zweifelhaft, ob die sehr geringen und unvollständigen Reste, welche man aus älteren Schichten ihnen zugeschrieben hat, auch wirklich zu ihnen gehören; sie erreichen ihrerseits ihren Höhepunkt im Jura, sinken aber schnell zurück, um in der heutigen Schöpfung auf ein Minimum reducirt zu werden.

Die freien Haarsterne endlich, die Comatuliden, beginnen in dem Jura und nehmen bis zur Jetztzeit fortwährend zu, so dass sie jetzt fast allein die ganze Classe der Seelilien repräsentiren.

Es dürften wohl nur wenige Classen sich finden, wo in so augen-

Fig. 1061.



Apiocrinus Royssianus.
Stark verkleinert, um die Gestalt im Ganzen zu zeigen. Aus dem Korallenkalke.

Fig. 1062.



Pentacrinus fasciculosus.
Aus dem mittlern Lias von Boll.

fälliger Weise die Entwickelung der paläontologischen Formen mit den verschiedenen Stadien, welche das jetzt lebende höhere Thier bei seiner Entwickelung durchläuft, übereinstimmt wie bei den Seelilien.

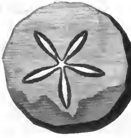
Die zweite grosse Gruppe ist diejenige der Seesterne (*Asterida*), §. 1492. meist fünfstrahlige, abgeplattete Gestalten, die frei mittelst der eigenthümlichen Saugfüsschen umherkriechen, welche in offenen oder verdeckten Rinnen von dem Munde aus gegen die Spitze der Arme hin eingelagert sind. Der Mund ist stets central auf der Unterfläche und führt in einen centralen Magen. Um den Schlund liegt ein Nervenring, von welchem Aeste in die Strahlen gehen, ein Blutgefässring und der Wassergefässring, mit dessen in die Strahlen vorgehenden Aesten die Saugfüsschen zusammenhängen. Man kann sie in zwei Ordnungen theilen. Die eigentlichen Seesterne haben platte Arme, meist in der Fünfzahl, selten mehr, mit offener Rinne auf der Bauchseite, in welcher die Saugfüsschen stehen; der Magen schickt in jeden Arm eine Fortsetzung in Gestalt eines oft traubigen und doppelten Blinddarmes, die Seiten der Arme sind mit stacheltragenden Plättchen besetzt. Wenn ein After, wie meist, vorhanden ist, so liegt er auf dem Rücken. Von ihnen aus leitet die höchst merkwürdige Gattung Brisinga, die bis jetzt nur im Norden in grosser Tiefe gefunden wurde und welche einen runden Scheibenkörper, ungeheuer lange Arme (elf an der Zahl), die nicht abgeplattet sind, und nur kurze Magenfortsätze hat, zu den Schlangensternen (***Ophiurida***), bei welchen der scheibenförmige Körper scharf von den fünf drehrunden Armen getrennt ist, auf deren Unterfläche die Saugfüsschen in einer bedeckten Rinne stehen. Der afterlose Magen ist stets einfach und schickt keine Fortsetzungen in die Arme. Die Geschlechtsorgane öffnen sich durch Spalten auf der Bauchseite zwischen den Armen, bei den eigentlichen Seesternen auf der Rückenseite. Von den eigentlichen Schlangensternen, welche die grosse Mehrzahl der lebenden Arten bilden, unterscheiden sich die mit zehn

Fig. 1065.



Asterias lumbricalis. Aus d. mittl. Lias.

Fig. 1066.



Pleuraster obtusus.

ausserordentlich verästelten rankenförmigen und einrollbaren Armen versehenen Medusenhäupter (*Euryalida*).

Der organischen Bildung nach mögen wohl die Seesterne, bei welchen die Arme oft ganz verschwunden sind, so dass sie nur ein an den Ecken des Scheibenkörpers etwas ausgezogenes Fünfeck bilden, den niedersten Rang behaupten, woranf die Schlangensterne und end-

Fig. 1068.



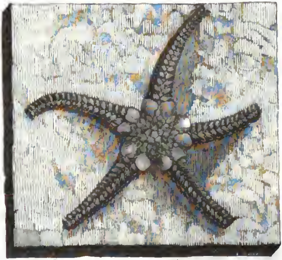
Coelaster matutinus.
Aus dem Trentonkalke von New-York.

Fig. 1067.



Aspidura loricata. Aus der Trias.

Fig. 1069.



Palaeocoma Fürstenbergi. Aus dem Aachener Grünsande.

lich die Medusenhäupter folgen, von welchen man noch keine fossilen Repräsentanten gefunden hat.

Die Seesterne beginnen in den silurischen Schichten und setzen sich bis in die Jetztwelt fort mit wechselnden Gattungen und Arten. Doch darf hierbei nicht vergessen werden, dass die ältesten Formen,

soweit sie genauer bekannt werden konnten, eine merkwürdige Mischung von Charakteren der See- und Schlangensterne zeigen, so dass man dadurch zu der Ansicht kommen darf, dass beide Typen Differenzirungen eines gemeinschaftlichen Grundstockes seien, welche nach und nach erst ihre unterscheidenden Charaktere feststellten.

Fig. 1070.



Ophiura constellata.
Aus den obersilurischen Schiefern von Montrepuis (Aisne) in Frankreich.

Eigentliche Schlangensterne kommen erst von der Trias an vor; die ältesten aber, wie die hier abgebildete *Aspidura*, zeigen noch in der abwechselnden Täfelung der Arme Charaktere, welche auf die Crinoiden hinweisen.

Die Seegurken (*Holothurida*) haben kaum erkennbare Spuren §. 1493.
hinterlassen können. Man hat einige mikroskopische Körper gefunden, welche an die Anker, die in der Haut der Synapten stecken, und an die Kalkrädchen, die bei den Chirodoten vorkommen, erinnern, sowie in den Solenhofener Kalkschiefern, Abdrücke, die man dem weichen Leibe von Synapten zuschreibt. Die wurmförmige Gestalt, die einfache Art der Entwickelung, bei welcher der ganze Embryo sich in das vollendete Thier umwandelt, mögen aber darauf hindeuten, dass gerade in dieser grossen Gruppe die älteste Form der Stachelhäuter vorliegt, welche den anderen allen voranging.

Die Classe der Seeigel (*Echinida*) ist die zahlreichste und ohne §. 1494.
Zweifel auch diejenige, welche am weitesten in der Entwickelung vorgeschritten ist. Ihre Charaktere sind im Allgemeinen so ausgezeichnet, sie erhalten sich meist in so vollkommener Weise, da die Schale, welche den äussern Körper bildet, aus einzelnen Platten fest zusammengefügt ist und nur die Stacheln und sogenannten Pedicellarien abfallen, dass sie vortreffliches Material zur Unterscheidung der Schichten darbieten

und dies um so mehr, als sie fast in allen Meeresablagerungen häufig vorkommen.

Man theilt sie jetzt wohl allgemein in folgender Weise ein.

Zwei grosse Gruppen lassen sich nach der allgemeinen Anordnung des Körpers unterscheiden. In der ersten, den **regelmässigen Seeigeln**, lässt sich noch kaum eine Spur von Hinneigung zu symmetrischer Form wahrnehmen. Sie besitzen einen mehr oder minder der Kugelform sich annähernden Körper, dessen senkrechte Axe auf der Unterfläche durch den Mund, auf der Oberfläche durch den After bezeichnet ist. Der After befindet sich in einer Rosette, so dass die Augen und die Geschlechtsöffnungen meist in der Fünfzahl, im Kreise um ihn geordnet sind. Die Ambulacralreihen steigen ebenfalls in der Fünfzahl, vom Munde zum After auf.

Hier treten uns zuerst die **Tafeligel** (*Tesselata*) entgegen. Die Plattenreihen zwischen den Ambulacralfeldern bestehen aus mehren Reihen sechseckiger Tafeln, statt zwei Reihen fünfeckiger Tafeln, wie bei allen übrigen Seeigeln. Einige haben dicke, andere feinere Stacheln. Die Ambulacren, die sehr selten erhalten sind, waren sehr verschieden gestaltet und die Poren vielleicht nicht in besondere Platten durchbohrt. Dagegen hatten sie Zähne und gegenständigen Mund und After, wie die Cidariden. Die Bildung und Anordnung der Platten zeigt viele Aehnlichkeit mit denen der Kelche der Crinoiden.

Sie kommen nur in den paläozoischen Gebilden vor, in den obersilurischen Schichten und besonders im Kohlenkalke und sind offenbar die Vorläufer der echten Seeigel (Fig. 1071).

Die zweite Gruppe der regelmässigen Seeigel wird von den **Stacheligeln** (*Cidarida*) gebildet, eine ungemein zahlreiche Gruppe, mit grossen Tuberkeln, auf welchen oft ungeheure und seltsam geformte Stacheln stehen. Sie haben einen sehr complicirten Zahnapparat; die bald engeren (Angustistellen), bald weiteren Ambulacralreihen (Latistellen) gehen ununterbrochen vom Munde bis zum After. Erstere haben keine Mundkiemen und einen runden Mund, letztere haben Mundkiemen und fünf Einschnitte an der Mundöffnung. Die einzige Abweichung von der radiären Form zeigt sich in der sogenannten Madreporenplatte, die den After etwas zur Seite drängt.

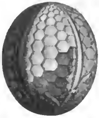
Es mag diese Gruppe aus den Tesselaten entstanden sein, jedenfalls ersetzt sie dieselben, da sie erst in der Trias erscheint und sich bis in die Jetztwelt fortsetzt. Doch zeigen die beiden Gruppen, die zu gleicher Zeit erstehen, ein sehr verschiedenes Verhalten.

Die Angustistellen variiren kaum; die Formen aus dem Jura haben gekerbte Tuberkeln, alle übrigen einfache.

Die Latistellen dagegen zeigen im Jura und der Kreide ganz andere Gattungen als in den Tertiärgebilden und der jetzigen Zeit. nur eine Gattung geht durch Jura, Kreide und Tertiär durch.

Einen ganz eigenthümlichen Eindruck macht die kleine Gruppe der Salenien, bei welchen der After auf die Seite gedrängt wird, als

Fig. 1071.



Palaeocidaris (*Echinocrinus*) *ellipticus.* Aus der Steinkohle.

Fig. 1072.



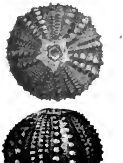
Cidaris Blumenbachii. Stachel. *Terrain à Chailles.*

Fig. 1073.



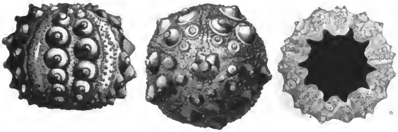
Cidaris glandifera. Berg Carmel.

Fig. 1074.



Goniopygus major. Aus dem Génomanien. Von der Seite und von vorn.

Fig. 1075.



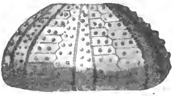
Hemicidaris crenularis. Aus dem Korallenkalke. *a* Von der Seite. *b* Von oben. *c* Von unten.

erstes Anzeichen der Annäherung an die symmetrische Form. Sie beginnt im Jura und endet mit der Kreide.

Bei der grossen Gruppe der unregelmässigen Seeigel tritt der After aus der Genitalrosette heraus und wandert um die hintere Seite herum von oben nach unten. Zugleich bequemen sich die Ambulacralfelder mehr und mehr der bilateralen Form an, indem eines derselben von den anderen sich unterscheidet.

Die Galeriden bilden eine Uebergangsgruppe. Der Mund bleibt central auf der Unterfläche; die einfachen Ambulacralreihen gehen von

Fig. 1076.



Diadema seriale. Unterer Lias.

Fig. 1077.



Temnechinus excavatus. Aus dem Crag.

Fig. 1078.



Salenia personata. Aus dem Cénomanien.

Fig. 1079.



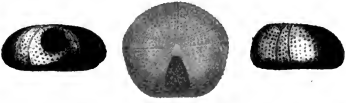
Hyboclypus gibberulus.
Aus dem Bajocien. Obere, Profil- und untere Ansicht.

Fig. 1080.



Discoidea subucutus. Aus dem Cénomanien.

Fig. 1081.

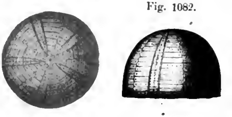


Pygaster truncatus. Aus dem Cénomanien

ihm zur Spitze; der After ist aus der Genitalrosette herausgetreten und bald oben, bald hinten, bald unten. Die meisten haben noch Zähne.

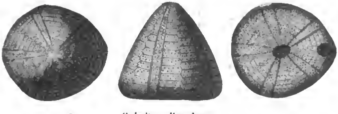
Diese Uebergangsformen finden sich im Jura und in der Kreide. Dann verschwinden sie.

Fig. 1082.



Discoidea cylindrica. Aus dem Albien.

Fig. 1083.



Galerites albogalerus.
Aus der weissen Kreide. Von oben, von der Seite und von unten.

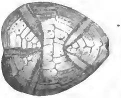
Fig. 1084.



Dysaster Eudesi. Aus dem Bajocien. Von oben, von der Seite und von unten.

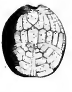
Seltsame Missgestalten schliessen sich in denselben Formationen, vom Lias. zur Kreide, an — die Dysasteriden, excentrischer Mund und After, einfache Ambulaceen.

Fig. 1085.



Dysaster capistratus.
Oxfordmergel.

Fig. 1086.

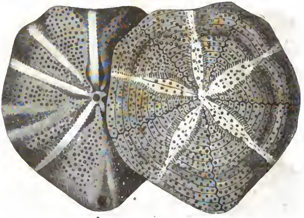


Dysaster ringens.
Unter-Oolith.

Die Cassidnliden (Nucleoliden) gehen einen Schritt weiter in der Ausbildung einer symmetrischen Form. Sie haben einen beinahe centralen

fünfeckigen Mnnd ohne Zähne, einen excentrischen After und eine Rosette von fünf Ambulacralblättern, die im Gipfel zusammenlanfen und nach der Peripherie sich öffnen. Eines dieser Blätter ist abweichend

Fig. 1087.



a b

Pygurus rostratus.

Fig. 1088.



Pygaulus Moulinsi. Aus den Néocomien.

Fig. 1089.



Clypeus (Clypeopygus) Hugi. Aus dem untern Oolith. Vesoulmergel.

Fig. 1090.



Scutella subrotunda. Aus den Faluns.

gestaltet, steht dem After gegenüber und bezeichnet so eine Mittellinie, zu deren beiden Seiten die vier anderen Blätter symmetrisch gestellt sind.

Die Gruppe erscheint zu gleicher Zeit mit den Galeriden im Jura; die Arten nehmen an Zahl und Grösse bis in die Tertiärzeit zu, nehmen aber dann wieder ab und sind heute sehr wenig zahlreich. Offenbar setzt sie sich in die Spatangen fort, noch ehe sie verschwindet.

Die Clypeastroiden unterscheiden sich von dieser Gruppe durch geschlossene Ambulacralrosetten und einen Zahnapparat. Sie scheinen aus den Galeriden hervorgegangen zu sein, die sie ersetzen und mit denen sie den Zahnapparat gemeinsam haben; denn sie erscheinen erst gegen Ende der Kreideperiode, erreichen eine bedeutende Entwickelung im Miocen und zeigen in der jetzigen Schöpfung eine reiche Mannigfaltigkeit von Formen.

Fig. 1091.



Laganum marginale. Aus dem Grobkalk.

Fig. 1092.



Sismondia marginalis. Aus dem Grobkalke von Blaye.
a Von oben. *b* Von der Seite. *c* Von unten.

Endlich erreicht die symmetrische Tendenz in den Herzigeln (***Spatangida***) ihren Gipfelpunkt. Mund und After excentrisch, keine Zähne, nur vier Genitalplatten, das fünfte Blatt der Rosette sehr verschieden, deutlich symmetrische allgemeine Körperform.

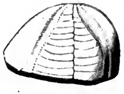
Die Ananchydeen mit ungeschlossenen Ambulacralblättern erscheinen in der Kreide und verschwinden mit ihr. Sie erscheinen als Nachkommen der Galeriden.

Fig. 1093.



Ananchytes ovata. Aus der weissen Kreide.

Fig. 1094.



Hemipneustes radiatus. Aus dem Danien.

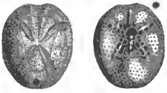
Die eigentlichen Spatangen beginnen mit der Kreide und nehmen bis zu der heutigen Schöpfung progressiv an Arten und Mannigfaltigkeit zu.

Fig. 1095.



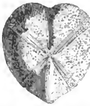
Toxaster complanatus. Aus dem unteren Néocomien

Fig. 1096.



Gualteria Orbignyana. Aus dem Nummulitenkalke.

Fig. 1097.



Micraster cor-anguinum. Aus der weissen Kreide.

So mögen sich denn aus den Tesselaten zuerst die Cidariden mit dem abweichenden Zweige der Sallenien, dann aus den Cidariden die Galeriden und Cassiduliden entwickelt haben. Die Galeriden setzten sich in die Ananchiden fort und mögen als Nebenzweig die Clypeastroiden getrieben haben — die Cassiduliden dagegen mögen die directen Voreltern der echten Spatangen gewesen sein.

§. 1495. Die Entwickelungsgeschichte der drei Classen der Stachelhäuter, Seesterne, Seeigel und Seegurken, welche wir hier zusammenfassen, ist bei Weitem noch nicht so aufgeklärt, dass wir dieselbe in Einklang mit der paläontologischen Entwickelung zu bringen vermöchten.

Die meisten Arten entwickeln sich aus Pseudembryen, in deren Innerem die Larve oder das dem erwachsenen ähnliche Thier aufkeimt, wobei eine sehr verschiedene Betheiligung der Theile des Pseudembryo an den Organen des vollständigen Thieres stattfindet; bei einigen Seesternen und einem Seeigel aber hat man bis jetzt auch eine solche Abkürzung der Entwickelungsperioden beobachtet, dass dieselben lebendige Junge gebären. Es finden sich bei dieser Art der Entwickelung nach den neuesten Beobachtungen zwar Spuren des Pseudembryo und seines provisorischen Skeletes vor, die man aber kaum als solche erkennen würde, wenn man nicht die längere Entwickelung durch freilebende Pseudembryen und Larven beobachtet hätte, ähnlich wie bei

den Crinoiden. Wir wenden uns daher nur diesen Letzteren zu, welche die Entwickelungsstadien weiter auseinander legen.

Die Grundform der Pseudembryen ist ein tonnenförmiges Wesen mit Wimperschnüren und einer Mundöffnung, die durch einen Schlund in einen meist rundlichen Magensack führt. Diese einfache Grundform, welche bei den Crinoiden existirt, nimmt aber durch Ausziehen der Wimperschnüre, durch Einbiegungen und Ausbildung eines provisorischen Skeletes von Kalkstäben sehr seltsame Gestalten an, welche bei den Holothuriden oder Seegurken als Auricularien, bei den Seeigeln und Schlangensternen (Ophiuriden) als Pluteus, bei den Seesternen (Asteriden) als Bipinnarien und Brachiolarien bezeichnet worden sind. Hier tritt uns schon eine erste Thatsache entgegen — nämlich, dass in der äussern Form das Pseudembryo Schlangensterne und Seeigel mit einander übereinstimmen, während die sonst den Schlangensternen so verwandten Seesterne verschiedene und sehr mannigfaltige Gestalten zeigen.

Eine bedeutende Verschiedenheit zeigt sich dann in dem Verhältniss des im Innern aufkeimenden Thieres zu dem Pseudembryo. Wie bei den Crinoiden verwandelt sich bei den Auricularien, Bipinnarien und Brachiolarien, also bei den Seegurken und Seesternen der ganze Pseudembryo, der stets seitlich symmetrisch ist, in das radiäre Thier, dessen Achse bei den Holothurien nur sehr wenig, bei den Seesternen mehr im Winkel zu der Achse des Pseudembryo gestellt ist.

Seegurken und Seesterne stehen deshalb der primitiven Bildung näher und in dieser Beziehung ebenso nahe als die Crinoiden, indem bei ihnen nur die Flimmerhaare abfallen, sonst aber keine provisorischen Larvenorgane existiren.

Die plutensförmigen Ophiurenlarven gehen einen Schritt weiter. Die stabförmigen Verlängerungen, welche die Arme des Plutens bilden, gehen nicht wie die übrige Haut des Pseudembryo in das radiäre Thier ein, sondern fallen ab oder werden resorbirt — sie sind provisorische Organe. Zugleich steht die Achse des radiären Thieres noch mehr im Winkel zu derjenigen des Pseudembryo.

Beim Plutens der Seeigel steht das radiäre Thier fast im rechten Winkel zur Achse des Pseudembryo und ein Theil der Hautfläche desselben geht durch Einstülpung in das radiäre Thier über, ein anderer nicht. Am weitesten geht diese Bildung bei den Spatangoiden, wo fast die ganze Haut des Pseudembryo provisorische Bildung ist.

Von diesem Gesichtspunkte aus stehen also die verschiedenen Typen in folgender Weise über einander: Crinoiden, Seesterne, Seegurken — dann Schlangensterne, dann Seeigel, dann und am höchsten Herzigel (Spatangoiden).

Was in der Entwickelung des radiären Thieres vor Allem hervortritt, ist das Wassergefässsystem, durch dessen Ausbildung und Antheil

an den Bewegungsorganen die Stachelhäuter neben der Verkalkung der Haut sich so wesentlich von den übrigen Thieren unterscheiden. Die erste Anlage des radiären Thieres geht von dem ursprünglich in Gestalt einer dickwandigen Blase oder eines Canales auftretenden Wassersysteme aus; dasselbe bildet sternförmig gestellte Ausbuchtungen, wie Handschuhfinger, welche die erste Grundlage des Canales darstellen, der in jedem Strahle existirt. Der Strahl bildet sich um eine solche Ausbuchtung herum.

Wir wissen noch nichts von der Ausbildung des Wassergefässsystemes bei den Crinoiden — bei den anderen aber zeigen sich verschiedene Verhältnisse in den Beziehungen zu den primitiven Verdauungsorganen des Pseudembryo. Bei den Seegurken und Schlangensternen (Ophiuriden) wächst die Anlage des Wassergefässes ringförmig um den Schlund des Pseudembryo herum und schliesst sich endlich im Kreise, so dass der Schlund von der Rosette umgeben ist und als definitiver Schlund des radiären Thieres bleibt; bei den eigentlichen Seesternen und den Seeigeln bildet sich die Rosette unabhängig vom Schlunde des Pseudembryo und der definitive Schlund des radiären Thieres wird in ihrer Mitte neu gebildet, während der Schlund des Pseudembryo als provisorisches Organ verschwindet.

Holothurien und Schlangensterne ständen demnach in Beziehung auf diesen Punkt der Organisation niederer als Seesterne und Seeigel.

Diese Resultate hinsichtlich der Verschiedenheiten in der Entwickelung stehen bis jetzt noch sowohl unter sich, als mit den Verwandtschaften, welche die ausgebildeten Thiere zeigen, unvermittelt da.

§. 1496. Der Kreis der Weichthiere oder Mollusken zeigt in denjenigen Gruppen, welche auch fossil vorkommen, eine grosse Mannigfaltigkeit der Formen und mehre im ausgebildeten Zustande wohl deutlich unterschiedene Typen, deren Organisation an Vollkommenheit zunimmt, die aber zum Theil während der Entwickelung Verwandtschaften zeigen, die später nicht mehr ausgeprägt sind. Bei allen Mollusken sind die Organe symmetrisch in Beziehung zu einer Ebene gelagert, welche in vielen Fällen spiralig aufgewunden ist, oft aber auch in gerader Linie von vorn nach hinten läuft.

Die Muschelthiere oder Acephalen bieten ohne Zweifel den niedrigsten Typus derjenigen Weichthiere dar, welche für die Paläontologie von Interesse sind. Allgemein fast besitzen diese Weichthiere zwei harte kalkige Schalen, welche durch ein mehr oder minder complicirtes Schloss an einander befestigt sind, an dem, dem Schlosse gegenüber liegenden Rande sich öffnend. Die symmetrische Anlagerung der Organe zu beiden Seiten einer senkrechten Ebene ist zwar bei allen mehr oder minder vorhanden, aber die Lage dieser Ebene ist verschieden. Bei den Blattkiemern (Lamellibranchen) geht sie zwischen

den beiden Schalen durch und ist in dem Mantel (Fig. 1098 u. 1099), den blätterigen Kiemen, der Lagerung des Mundes, Afters, des Herzens

Fig. 1098.



Eine Muschel in ihrer natürlichen Lage im Schlamme mit ausgestreckten Athem- und Afterröhren. Die eine Schale ist weggenommen, um das Innere zu zeigen. Die punktirte Linie *pp* bezeichnet die Oberfläche des Schlammes oder Sandes, in dem die Muschel steckt. *a* der Mund, *b* der Mantel, *c* die Schale, *d* die Kieme, *e* die Athemröhre, *f* die Afterröhre, *g* der Fuss, *h* die Mantelbucht, *i* der Schliessmuskel.

Fig. 1099.



Die Muschelschale von innen, um die Stellung einer fossilen Schale danach erkennen zu können. *q* Mundrand, *r* Afterrand, *o* unterer Rand der Schale, *h* Mantelbucht, stets das hintere Ende der Muschelschale bezeichnend, *i* und *j* Muskeleindrücke, *e* Mantelrand, *k* Schlossband, *u* Lunula, stets vor dem Schlosse nach dem Munde zu gelegen, *x* Schlosszahn, *y* Schlossgrube.

Fig. 1100.



Spirifer hystericus.

Die ganze Muschel von der Bauchschale aus. *q* Schlossrand. *e* Area. *k* Schlossöffnung, häufig durch klappenartige Stücke, das Deltidium, geschlossen.

Die kleine Schale von innen, um das spiralige Gerüst der Arme zu zeigen.

und des Nervensystemes deutlich erkennbar. Es findet sich hier also eine rechte und eine linke Schale und vorn und hinten ist durch Mund und Afterlage bezeichnet. Bei den **Armfüssern oder Brachiopoden** ist aber in der That eine Bauchschale und eine Rückenschale vorhanden und die Ebene, zu deren Seiten die Organe, mit Ausnahme des

Afters, symmetrisch geordnet sind, ist quer durch die Schale selbst gelegt worden und schneidet somit diejenige der anderen Muschelthiere unter einem rechten Winkel. Dies, wie eine Menge anderer Verhältnisse des anatomischen Baues, worunter wir nur den Mangel blätteriger Kiemen und als für die fossilen besonders wichtig, die meist spiralig gewundenen Arme und die Gerüste von häufig kalkiger Natur, welche diese Arme stützen, erwähnen, bedingen eine strenge Scheidung dieser beiden Classen, zwischen welchen, wenigstens in der heutigen Schöpfung, keine Brücke existirt. Es bedarf nur einer flüchtigen Ansicht der beiden vorstehenden Figurengruppen, um sich den ganzen anatomischen Unterschied der beiden Classen klar zu machen.

§. 1497. Die Entwickelung der in der Jetztwelt sehr seltenen und meist nur in grossen Tiefen vorkommenden Brachiopoden ist nur sehr unvollständig durch Beobachtungen von Lacaze-Duthiers und Fritz Müller bekannt, zeigt sich aber gänzlich verschieden von derjenigen der Blattkiemer. Bei Thecidea, die mit der Rückenschale im Alter festgewachsen ist, hängt das anfangs kuglige Ei an einem Faden in einer Bruthöhle. Aus diesem Ei bildet sich ein anfangs nackter, dann dicht mit Flimmerhaaren besetzter Embryo hervor, den man bis zur Bildung von vier Hauptabschnitten des Körpers hat verfolgen können — einem kleinern vordern, welcher vier Augenflecke und den centralen Mund trägt, zwei mittleren grossen Ringwülsten und einem hintern kleinern Abschnitte, auf dessen Mitte sich die Anlage des Afters bildet. In diesem Zustande krümmt sich der Embryo so zusammen, dass die beiden mittleren Wülste wie zwei dicke Kuchen an einander liegen und man also eine convexe und concave Seite unterscheiden kann. Der Faden, von welchem sich nun der Embryo loslöst, inserirt sich auf der convexen Seite hinter dem vorderen Kopfabschnitte.

In diesem Zustande gleicht der Embryo so sehr gewissen Wurmlarven, namentlich von Röhrenwürmern, dass er damit verwechselt werden könnte. Es unterstützt diese Larvenbildung die Ansicht, welche den Stamm der Brachiopoden von Würmern ableitet.

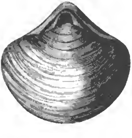
Jetzt existirt eine grosse Lücke. Wahrscheinlich krümmt sich der Embryo noch mehr zusammen und bildet dann die beiden Schalen aus.

Die viel weiter entwickelte Larve, die F. Müller beobachtete, hatte zwei fast kreisrunde Schalen, eine grössere, schwach gewölbte Rückenschale, eine kleinere, flachere Bauchschale; der rings offene Mantel trug fünf Paar grosse und viele in eine Reihe gestellte zarte Haare; der rundliche Leib nahm die Mitte der Schale ein, er zeigte einen flaschenförmigen Magen mit nach vorn gerichtetem röhrenförmigem Schlunde und dem Munde an der Spitze, der von einem Knopfe überragt und von vier Paar strahlig geordneter flimmernder Arme zur Seite besetzt war, die das Thier mit dem Mundstiele weit über die Schalen

hinausstrecken konnte. Man unterschied ausserdem im Leibe zwei Augenflecke und zwei Gehörbläschen und hinter dem Magen ein plattenförmiges Organ, das faserige Natur annahm und wahrscheinlich später ein Strang zur Befestigung wird. Die Larve schwimmt mittelst der Wimpern der Arme, die zwischen die Schalen zurückgezogen werden können, und kriecht durch Drehungen mit Beihülfe der Arme. In diesem Zustande hat das Thier einige entfernte Aehnlichkeit mit einem Moosthiere (Bryozoon); aber, mit Ausnahme der beiden Schalen, gar keine mit einem Blattkiemer auf irgend einem Stadium der Entwickelung.

Bei der Unvollständigkeit der Documente kann uns also die vergleichende Embryologie nur sagen, dass die Brachiopoden durchaus selbständig und ohne Zusammenhang mit den Lamellibranchiern sich entwickelt haben, sie kann uns aber nicht sagen, welche Stellung den Familien der Terebratuliden, Spiriferiden, Rhynchonelliden, Orthisiden,

Fig. 1101.



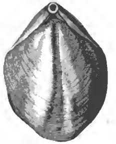
Stringocephalus Burtini. Von der kleinen Schale (Bauchschale) aus.

Fig. 1102.



Derselbe von der Seite.

Fig. 1103.



Terebratula vulgaris. Leitmuschel für den Muschelkalk.

Fig. 1104.



Terebratula (Terebrirostra) lyra. Aus dem Turonien.

Fig. 1105.



Terebratula biplicata. A. d. Cénomanien.

Fig. 1106.



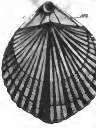
Terebratula sella. A. d. Urgonien.

Productiden, welche Kalkgerüste zur Stützung der Arme besitzen, und die Familien der Thecideen, Craniaden, Disciniden und Linguliden, welche feine, fleischige Arme besitzen, unter einander zukommt.

Hinsichtlich der Gattung Calceola ist man in neuerer Zeit sehr zweifelhaft geworden, ob es wirklich ein Brachiopode sei.

§. 1498. Auch bei den Blattkiemern wiederholt sich jene Ausbildung eines wimpernden Embryos, welche so häufig bei den aus dem ganzen Dotter

Fig. 1107.



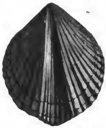
Terebratella Asteriana. Aus dem Albien. Von d. Bauchschale aus.

Fig. 1108.



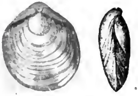
Von der Seite.

Fig. 1109.



Von der Rückenschale.

Fig. 1110.



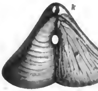
Terebratula numismalis. Aus der Belemnitenschicht des Lias.

Fig. 1111.



Terebratula globata. Ans d. untern Oolith.

Fig. 1112.



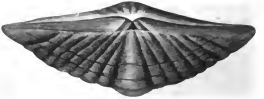
Terebratula diphya.

Fig. 1113.



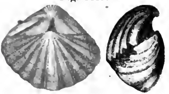
Terebratula digona. Aus dem Cornbrash.

Fig. 1114.



Spirifer speciosus. Aus dem Spiriferensandstein.

Fig. 1115.



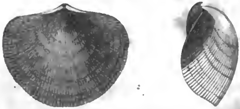
Spirifer Walcotti. Aus dem Gryphitenkalke.

Fig. 1116.



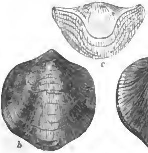
Spirigera Ezquerra. Asturien.

Fig. 1117.



Spirigerina (Atrypa) reticularis.
In obersilurischen und allen devonischen Schichten sehr häufig.

Fig. 1118.



Atrypa reticularis.
Ueberall in obersilurischen und devonischen Schichten. *a* Obere, *b* untere Klappe. *c* Die Muschel vom vordern Rande gesehen.

Fig. 1119.



Athyris navicula.
Aus den Ludlow-Schichten und dem Aymestrykalke.

Fig. 1120.



Pentamerus Knightii. Von der Seite

Fig. 1121.



Rhynchonella sulcata.
Von der Bauchschale aus.
Aus dem Néocomien.

Fig. 1122.



Rhynchonella spinosa.
Unter-Oolith.

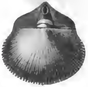
Fig. 1123.



Rhynchonella parallelepipeda. Eifel.

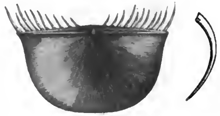
hervorgehenden Thieren ist, dass man sie fast als allgemeines Kennzeichen derselben ansehen könnte. Sobald aber dieser Embryo sich constituirt und in das Stadium der immerwährenden Rotation einge-

Fig. 1124.



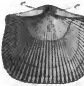
Orthisina Verneuili.

Fig. 1125.



Chonetes Dalmani.

Fig. 1126.



Orthis rustica.
e Schlossfeld.

Fig. 1127.



Orthis elegantula.
Aus den Wenlock-Kalken.

Fig. 1128.



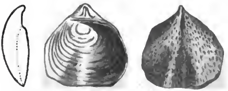
Chonetes sarcinulata.

Fig. 1129.



Productus aculeatus (horridus).

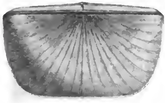
Fig. 1130.



Strophalosia excavata.
a Grosse Schale. *b* Kleine Schale. *c* Von der Seite.

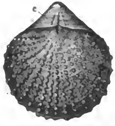
treten ist, wo er beständig um seine Achse sich innerhalb des Eies umherrollt', so zeigen sich an seinem vordern Ende zwei Vorsprünge,

Fig. 1131.



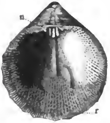
Leptaena lepis. Eifel.

Fig. 1132.



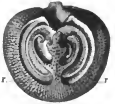
Thecidea papillata.
Aus der weissen Kreide. Von der Bauchschale aus. e Deltidium.

Fig. 1133.



Innere Ansicht der grossen Schale. *n* Schlosszähne. *r* Mantelrand.

Fig. 1134.



Innere Ansicht der kleinen Schale. *r* Gänge.

Fig. 1135.



Seitenansicht.

Fig. 1136.



Crania Igna bergensis.
In natürlicher Grösse.

Fig. 1137.



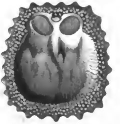
Vergrössert von der Seite.

Fig. 1138.



Von oben.

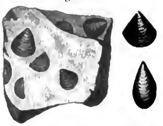
Fig. 1139.



Innenseite der Schale.

welche bald zu einem grossen Segel zusammenfliessen, das mit langen Wimpern besetzt ist und in dessen Mitte auf einem Vorsprung ein langer Geiselfaden steht. Sogleich zeigt sich nun auch die Schale, aus zwei, meistens rundlichen Blättern bestehend, anfangs flach, wie ein Sattel auf dem Dotter, dem Segel gegenüber aufliegend, allmälig aber sich nach unten schliessend, wobei unter zuckenden Bewegungen ein

Fig. 1141.



Ein Stück Potsdamsandstein mit *Lingula prima*. Daneben *Lingula antigua*.

Fig. 1142.



Lingula Lewisii. Aus dem obersilur. Systeme.

Fig. 1140.



Siphonotreta verrucosa. Von unten und von der Seite. Aus dem untersilurischen Kalke Russlands.

Fig. 1143.



Obolus Apollinis. Aus den untersilurischen Schichten Russlands. *a* Die grössere Klappe mit dem Spalte von innen. *b* Die Bauchklappe von aussen.

Fig. 1144.



Lingula Dumortieri. Crag.

Fig. 1145.

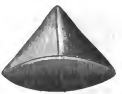


Fig. 1146.

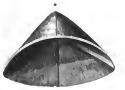


Fig. 1147.



Calceola sandalina aus der Eifel.
Fig. 1145 die beiden Schalen von unten in ihrer gegenseitigen Lage. Fig. 1146 die grosse Schale nach abgenommenem Deckel. Fig. 1147 die grosse Schale von oben (Schlossfläche).

querer Schliessmuskel mehr und mehr hervortritt. Die Gestalt dieser Schale der Larve ist bei unseren Teich- und Flussmuscheln so sehr abweichend von der definitiven Form, dass man noch vor wenigen Jahren die in den Kiemen der Muscheln aufbewahrten Jungen für eigenthümliche Schmarotzerthiere hielt. Bei den Seemuscheln ist die ursprüng-

liche Muschel gerundeter, und aus ihrem vordern klaffenden Ende tritt das breite Wimpersegel hervor, welches den Flussmuscheln fast gänzlich fehlt oder vielmehr rudimentär bleibt. Die Larven der Seemuscheln kreisen nun schwimmend im Wasser umher, und nach und nach zeigen sich bei ihnen Muskeln zum Schliessen der Schale, zum Zurückziehen des Segels unter die Schale, sowie die Eingeweide — dunkele Lebermassen, der Darm, dann als entstehende Höhlung der Mund, der mit grossen Wimperhaaren besetzt ist, der After, ebenfalls mit solchen Flimmerhaaren ausgekleidet und dem Munde sehr nahe liegend. Neben diesen inneren Organen sieht man auch zwei Ohrbläschen mit einem innern Kern und sogar Augen, die den Muscheln später entweder ganz abgehen oder, nicht wie bei den Larven auf der vordern Seite des Körpers nahe den Ohrbläschen, sondern an dem äussern Mantelrande umher in grosser Menge vertheilt sitzen. Sobald die Larven auf dieser Stufe der Ausbildung angelangt sind, so beginnt auch der Fuss, das spätere alleinige Bewegungsorgan, in die Erscheinung zu treten. Ueber oder hinter dem Wimpersegel gelegen, ebenfalls mit starker Flimmerbewegung versehen, wächst der Fuss schnell, so dass er aus den Schalen herausgestreckt und von dem Thiere zum Kriechen benutzt werden kann, so dass dieses nun zweier Bewegungsarten theilhaftig ist, des Kriechens mittelst des Fusses, des Schwimmens mittelst des Wimpersegels.

Merkwürdig ist, dass erst jetzt die Kiemen entstehen, die doch in so constanter Anordnung bei den Muschelthieren vorkommen, dass man diese auch die Blattkiemer (*Lamellibranchia*) genannt hat, merkwürdig auch, dass das ganze Larvenleben sich abspinnt, ohne dass ein Herz und ein Blutkreislauf in dem Körper sich zeigte, die doch später in grosser Vollständigkeit auftreten. Denn jetzt braucht nur das Segel sich allmälig zurückzubilden, während der Fuss an Masse zunimmt, um aus der Larve nach und nach, mit angemessener Gestaltänderung, das definitive Thier hervorgehen zu lassen.

Die stark bauchige Gestalt der Schalen dieser Jungen, welche meistens einen ganz geraden Schlossrand und oft auch Zähnelungen an dem Mantelrand zeigen, die Anwesenheit spiralartig gewundener Fäden im Innern, welche, wie es scheint, zum Oeffnen der Schalen dienen, begründen eine entfernte Aehnlichkeit der jungen Muscheln mit Brachiopoden, auf die indessen kein grosses Gewicht gelegt werden kann. Bedeutungsvoller ist, dass die jungen Muscheln stets nur einen Schliessmuskel besitzen, der sich erst später theilt, ein Beweis, dass die einmuskeligen Arten oder Pleuroconchen (Fig. 1148, 1149 und 1150) in ihrer Entwickelung hinter den zweimuskeligen oder Orthoconchen (Fig. 1151, 1152 und 1153) zurückstehen. Auch Athemröhren und Mantelbucht entwickeln sich erst später (Fig. 1154 u. 1155), so dass auch in dieser Hinsicht ein Fortschritt der Ausbildung stattfindet und man diejenigen Formen, wo der Mantel ganz zu einer Röhre geschlossen

ist (Fig. 1156), offenbar als die höchste, von den Acephalen überhaupt erreichte Stufe anerkennen muss.

Fig. 1148.



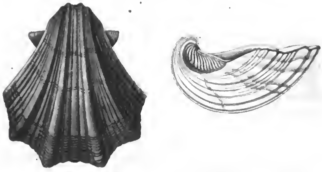
Ostrea Marshii.
Aus der unteren Oxfordgruppe. (Callovien).

Fig. 1149.



Dieselbe von innen.

Fig. 1150.



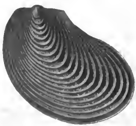
Janira atava. Aus dem Néocomien. Vom Rücken und von der Seite her.

Fig. 1151.



Avicula lineata.
Aus den obersilurischen Schichten Englands.

Fig. 1152.



Posidonomya Becheri.
Leitmuschel des Culm.

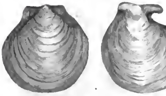
Fig. 1153.



Avicula (Gervillia) antiqua.
Aus dem permischen Systeme Russlands.

Die Rudisten sind kaum mit irgend einer anderen Familie in Verbinduug zu bringen.

Fig. 1154.



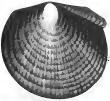
Pecten laevigatus.
Aus dem deutschen Muschelkalke.

Fig. 1155.



Avicula contorta.
Ueberall als Leitmuschel in den obersten Keuperschichten.

Fig. 1156.



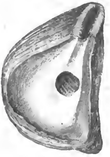
Posidonomya Clarae.
Aus dem Posidonienschiefer der alpinischen Trias.

Fig. 1157.



Halobia Lommeli.
Aus den Schiefern von Wengen.

Fig. 1158.



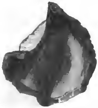
Ostrea deltoidea.
Aus dem Kimmeridgemergel.
Von innen.

Fig. 1159.



Ostrea acuminata.
Walkererde.

Fig. 1160.



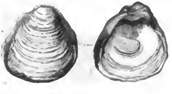
Ostrea deltoidea.
Kimmeridgemergel.

Fig. 1161.



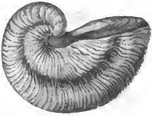
Ostrea gregarea.
Coral-rag.

Fig. 1162.



Ostrea expansa. Kimmeridgemergel.

Fig. 1163.



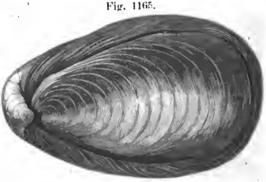
Gryphaea arcuata.
Aus dem untern Lias.

Fig. 1164.



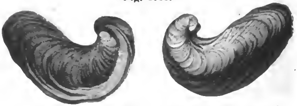
Gryphaea dilatata.
Aus dem untern Oxfordmergel.

Fig. 1165.



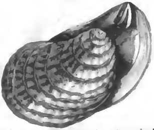
Gryphaea cymbium. Aus dem mittlern Lias.

Fig. 1166.



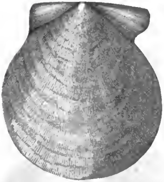
Gryphaea (Exogyra) virgula. Aus dem Kimmeridgemergel.

Fig. 1167.



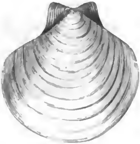
Plicatula spinosa. Aus der Belemnitenschicht des Lias.

Fig. 1168.



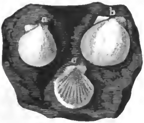
Pecten lens. Aus dem untern Oolith.

Fig. 1169.



Pecten disciformis. Aus dem mittlern Jura.

Fig. 1170.



Pecten personatus. Aus dem obern Lias. *a* Linke Schale. *b* Rechte Schale von aussen. *c* Schale von innen.

Fig. 1171.



Perna mytiloides. Aus dem Eisenoolith.

Fig. 1172.



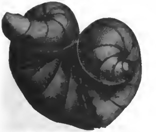
Lima (Plagiostoma) gigantea. Aus dem Lias.

Fig. 1173.



Avicula inaequivalvis. Lias.

Fig. 1174.



Diceras arietina. Aus dem Korallenkalke.

Fig 1175.



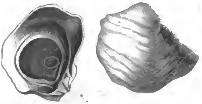
Exogyra (Ostrea) aquila. Von oben und von der Seite. Aus den Aptlmergen.

Fig. 1176.



Ostrea carinata. Aus dem Cénomanien.

Fig. 1177.



Ostrea vesiculosa. Aus der weissen Kreide.

Fig. 1178.



Exogyra sinuata.
Aus dem untern Grünsand. Von oben.

Fig. 1179.



Ostrea larva. Aus der weissen Kreide.
Von oben und vom äussern Rande.

Fig. 1180.





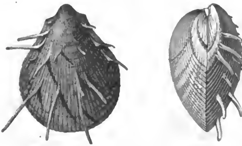
Exogyra columba. Von unten und von der Seite. Aus dem Cénomanien.

Fig. 1181.



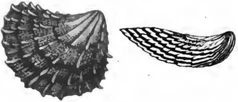
Exogyra Couloni. Von oben und von der Seite. Aus dem Néocomien.

Fig. 1182.



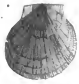
Spondylus spinosus. Aus der weissen Kreide.

Fig. 1183.



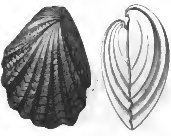
Plicatula placunea. Aus dem Aptien.

Fig. 1184.



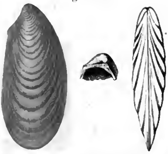
Pecten Beaveri.
Aus dem Cénomanien.

Fig. 1185.



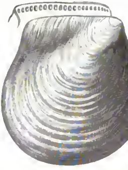
Inocerasmu sulcatus. Aus dem Albien.

Fig. 1186.



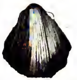
Inoceramus problematicus. Aus dem Turonien.
Daneben der Buckel mit dem Schlosse.

Fig. 1187.



Inoceramus (Catillus) Lamarckii.
Weisse Kreide.

Fig. 1188.



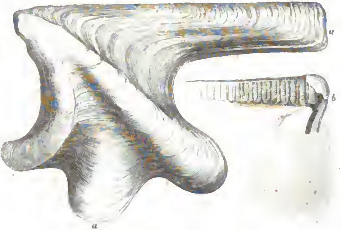
Janira multicostata.
Aus dem Cénomanien.

Fig. 1189.



Gervillia anceps. Aus dem Néocomien.

Fig. 1190.



Perna Mulleti. Aus dem Néocomien.

Fig. 1191.



Astarte elegans. Aus dem obern
Coral-rag. Astartenkalk.

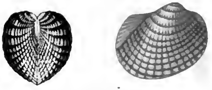
Fig. 1192.



a b

Nucula pectinata. Aus dem untern Grünsand.
a Die Muschel. *b* Der Steinkern.

Fig. 1193.



Cardiola interrupta.
Leitmuschel für obersilurische Schichten.

Fig. 1194.



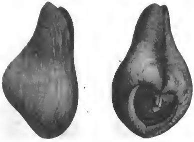
Conocardium Lyelli.

Fig. 1195.



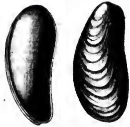
Conocardium Vilmarense.

Fig. 1196.



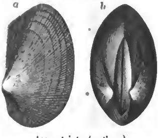
Conocardium fusiforme.

Fig. 1197.



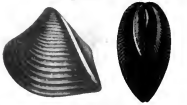
Clidophorus (Modiola) Pallasi.
Im untern Zechstein.

Fig. 1198.



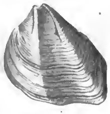
Arca striata (antiqua).
a Von der Seite. *b* Von den Buckeln aus.
In allen Gruppen des Zechsteins.

Fig. 1199.



Myophoria lineata.

Fig. 1200.



Myophoria Raibliana.

Fig. 1201.



Cardita crenata.
Leitmuschel für die Raibler-Schichten.

Fig. 1202.



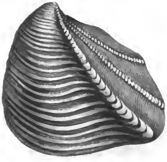
Trigonia navis. Oberer Lias.

Fig. 1203.



Trigonia clavellata. Aus dem Oxfordmergel.

Fig. 1204.



Trigonia costata.
Aus dem untern Oolith.

Fig. 1205.



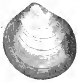
Trigonia gibbosa.
Aus dem Portlandkalke.

Fig. 1206.



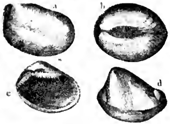
Cardium dissimile.

Fig. 1207.



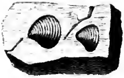
Cardium striatulum.
Beide aus dem Kimmeridge-thone.

Fig. 1208.



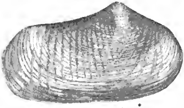
Nucula Hammeri. Aus dem obern Lias.
a Von der Seite. *b* Von oben.
c Eine Schale von innen. *d* Steinkern von der Seite.

Fig. 1209.



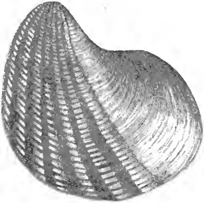
Astarte minima.
Aus dem obern *Coral-rag* (Astartenkalk).

Fig. 1210.



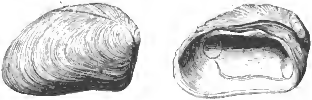
Goniomya literata. *Terrain à Chailles.*

Fig. 1211.



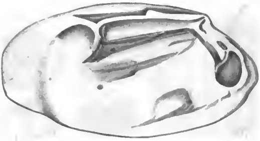
Pholadomya exaltata. Aus dem Oxfordthon.

Fig. 1212.



Hippopodium (Cardinia) ponderosum. Lias.

Fig. 1213.



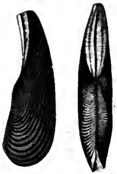
Cardinia concinna von innen.

Fig. 1214.



Pholadomya fidicula.
a Von der Seite. *b* Steinkern von vorn.
Aus dem *Marly-sandstone.*

Fig. 1215.



Anatina spathulata.
Aus dem Kimmeridgemergel.

Fig. 1216.



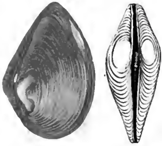
Corbula alata.

Fig. 1217.



Pinna Hartmanni.
Aus dem untern Lias.

Fig. 1218.



Unio Waldensis.
Aus dem Wäldergebirge.
Von der Seite und von den Buckeln aus.

Fig. 1219.



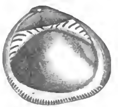
Trigonia scabra. Aus dem Turonien. Daneben das Schloss.

Fig. 1220.



Trigonia caudata. Aus dem Néocomien. Von den Buckeln aus gesehen.

Fig. 1221.

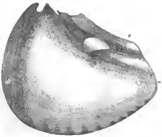


Pectunculus subconcentricus. Aus der chloritischen Kreide.

Fig. 1222.



Fig. 1223.

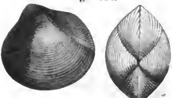


Trigonia caudata.

Die linke Schale von innen.

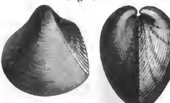
Der Steinkern.

Fig. 1224.



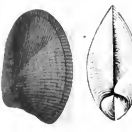
Cardium peregrinum. Aus dem Néocomien.

Fig. 1225.



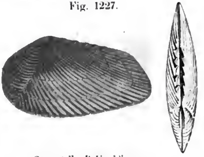
Cardium Hillanum. Aus dem Cénomanien.

Fig. 1226.



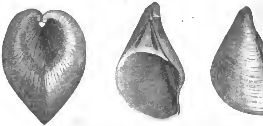
Nucula bivirgata.
Aus dem Albien.

Fig. 1227.



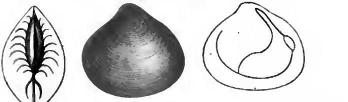
Crassatella Robinaldiana.
Aus dem Néocomien.

Fig. 1228.



Opis elegans. Aus der chloritischen Kreide.
a Die ganze Muschel von hinten.
b Die linke Schale mit dem Schlosse von innen.
c Die Muschel von der Seite.

Fig. 1229.



Thetis laevigata. Von den Buckeln, von der Seite und Umriss des Steinkernes, um die grosse Mantelbucht und den Muskeleindruck zu zeigen.

Fig. 1230.



Pholadomya aequivalvis.
Aus der weissen Kreide.

Fig. 1231.



Cardita globosa.
Von Beauchamps.

Fig. 1232.



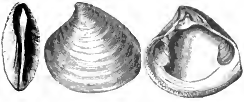
Chama squamata.
Von Beauchamps.

Fig. 1233.



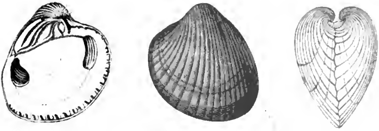
Cardita pectuncularis.
Aus dem Grobkalke.

Fig. 1234.



Astarte bipartita.
Crag.

Fig. 1235.



Cardita pectuncularis. Aus dem Nummulitengebilde.

Fig. 1236.



Crassatella ponderosa. Aus dem Grobkalke.

Fig. 1237.



Crassatella sulcata.
Von innen. Von Barton.

Fig. 1238.



Leda Deshayesii.
Aus den Faluns.

Fig. 1239.



Leda amygdaloides.
Aus dem Londonthon.

Fig. 1240.



Tellina obliqua.
Asti.

Fig. 1241.



Axinus angulatus.
(*Lucina subangulata.*)
Tongrien.

Fig. 1242.



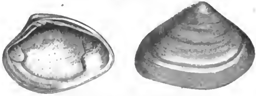
Cyclas antiqua.
Aus dem plastischen Thone.

Fig. 1243.



Cyrene semistriata.
Fontainebleau.

Fig. 1244.



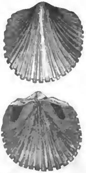
Cyrene cuneiformis. Plastischer Thon.

Fig. 1245.



Nucula Cobboldiae. Norwich-Crag.

Fig. 1246.



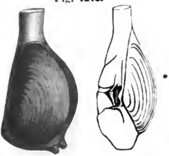
Cardium porulosum. Grobkalk.

Fig. 1247.



Corbula pisum. Aus den Faluns.

Fig. 1248.



Clavagella cretacea.
Aus der weissen Kreide. Von der Seite
und dem Schlossrande aus.

Fig. 1251.



Caprina Aguiloni. Aus dem Turonien.

Fig. 1249.



Hippurites Toucasiana.
Aus dem Turonien.
In ganzer Gestalt, verkleinert.

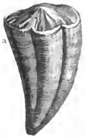
Fig. 1250.

a b



Sphaerulites radiosus. Aus dem Turonien.

Fig. 1252.



Hippurites organisans.
Aus dem Turonien.

Fig. 1253.



Die kleine Schale von innen.

Die Gasteropoden oder Bauchfüssler stehen ohne Zweifel im Verhältnisse zu den Muschelthieren auf einer weit höhern Stufe der Organisation, wie schon die Existenz eines in den meisten Fällen deutlich geschiedenen Kopfes mit ausgebildeten Sinnesorganen beweist. Bei den meisten derselben ist die Ebene, zu deren beiden Seiten die Organe symmetrisch gelagert sind, spiralig aufgewunden, nnd selbst in denjenigen Schalen, welche keine vollständigen Windungen besitzen, zeigt sich doch meist die Tendenz dazu deutlich ausgesprochen. Die meisten Gasteropoden besitzen eine kalkige Schale, nur wenige derselben sind nackt, und auch diese sind in der Jngend von einer Schale umschlossen, welche im Alter abgeworfen wird. §. 1499.

Hinsichtlich der Eintheilung dieser grossen Classe ist man jetzt wenigstens insofern einig, dass die Dentalien als ein ganz besonderer Typus betrachtet werden müssen, der zwischen Acephalen und Schnecken gewissermassen mitten inne steht. Schale und Zunge, die mit Zähnen bewaffnet ist, sprechen für Schnecken, während die meisten Einzelheiten der innern Organisation die Thiere eher zu den Muscheln in die Nähe der Röhrenmuscheln stellen würden.

Ebenso ist man allgemein der Ansicht, das die Flossenfüsser (*Pteropoden*) (Fig. 1254 bis 1256, a. f. S.) eine von den übrigen

Schnecken abgesonderte Stellung einnehmen müssen. Der nicht vollständig ausgebildete Kopf, die eigenthümlichen Ruderflossen und eine Menge specieller Einrichtungen in der ganzen Organisation berechtigen zu der Auffassung, welche die Pteropoden als einen niedern, den Schnecken untergeordneten Typus erkennen lässt, in welchem zwei Unterabtheilungen hervortreten, die nackten und die mit Schale versehenen Flossenfüsser.

Fig. 1254.



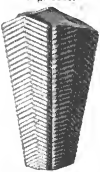
Hyalaea Orbignyana. Aus den Faluns.

Fig. 1255.



Tentaculites annulatus.
In natürlicher Grösse und ein Stück vergrössert. In den oberen Llandovery- und Caradoc-Schichten.

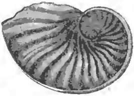
Fig. 1256.



Conularia ornata. Aus der Eifel.

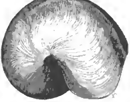
Nicht minder bilden die Kielfüsser (Heteropoden) Fig. 1257 u. 1258) einen ganz besondern Typus dar, bei welchem der Fuss zu einem Ruderorgan von senkrechter Stellung umgewandelt ist. Die Organisation dieser Thiere stellt sie den höchsten Meerschnecken gleich — die Umbildung des Fusses dürfte ihnen aber stets einen abweichenden Platz anweisen.

Fig. 1257.



Carinaria Hugardi.
Aus den Faluns.

Fig. 1258.



Bellerophon bilobatus.
Aus beiden silurischen Systemen.

Unter den eigentlichen Gasteropoden mit einer platten Kriechsohle dürften die Käferschnecken (*Chitonida*) einen besondern Platz ein-

nehmen. Die durch Gelenke verbundenen acht Rückenschalen, der fühler- und augenlose Kopfwulst, das im Hinterende liegende Herz, die getrennten Geschlechtsorgane, während die übrigen Gasteropoden meist Zwitter sind, und die eigenthümliche Entwickelung sondern sie ganz von den eigentlichen Gasteropoden ab.

Diese selbst kann man in drei grosse Abtheilungen bringen: Hinterkiemer (*Opisthobranchia*), Vorderkiemer (*Prosobranchia*) und Lungenschnecken (*Pulmonata*). Die Vorderkiemer zeigen wieder zwei Hauptgruppen, die auch besonders für die Paläontologie Bedeutung haben, *Holostomata*, bei welchen die Mundöffnung der Schale ganzrandig, und *Siphonostomata*, wo dieser Rand zu einem Canale ausgezogen oder ausgeschnitten ist.

Betrachten wir die bis jetzt bekannten Resultate der Entwickelungsgeschichte, so tritt uns der bedeutsame Umstand entgegen, dass zwei Typen in der Entwickelung des Embryo unterschieden werden können, der Wurmtypus, ähnlich den Embryonen der Armfüsser und der Würmer, und der eigentliche Schneckentypus.

Den Wurmtypus zeigen die Dentalien, die nackten Pteropoden und die Käferschnecken (*Chitonida*). Bei allen diesen tritt aus der Eischale zuerst eine Larve, welche mittelst mehrer reifförmiger Wimperschnüre und eines vordern centralen Wimperbusches schwimmt und nach und nach in die dem Thiere eigenthümliche Form sich umwandelt.

Die Untersuchungen, welche man bis jetzt über die **Entwickelungsgeschichte** der Gasteropoden angestellt hat, die dem zweiten §. 1500.
Typus angehören, welcher beschalte Pteropoden, Heteropoden und die übrigen Gasteropoden begreift, bieten noch nicht denjenigen innern Zusammenhang dar, welcher nothwendig ist, um den mehr oder minder hohen Grad der Ausbildung nachzuweisen, welchen die Organisation des erwachsenen Thieres erreicht hat. Bei diesem findet sich nie eine wurmförmige Larve, niemals hintere Wimperkränze, sondern nur ein vorderer, der sich zu einem oder zwei Segeln ausbildet, und stets ein Gehäuse mit Deckel, selbst wenn die entwickelte Schnecke nackt ist. Weitere Beziehungen zu der jetzt herrschenden Classification lassen sich kaum herstellen. Nur so viel hat sich bis jetzt gezeigt, dass die

Fig. 1259.

a b



Maclurea Logani.
a Schale. *b* Deckel.

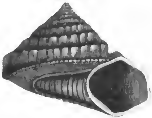
Gehäuse der Jungen, welche entweder noch in dem Ei sich befinden oder aber nur erst kurz aus demselben ausgeschlüpft sind, stets eine sehr einfache Gestalt besitzen, und dass namentlich die Mundöffnung

Fig. 1260.



Euomphalus radiatus. Eifel.

Fig. 1261.



Euomphalus (Delphinula, Cirrhus) Leonhardi. Eifel.

Fig. 1262.



Turbo squamiferus.
Aus den devonischen Kalken der Eifel.

Fig. 1263.



Monodonta purpurea.
Aus der Eifel.

Fig. 1264.



Machrocheilus subcostatus.

Fig. 1265.



Natica subcostata.

derselben stets ganzrandig ist und eine mehr oder minder rundliche Form besitzt. Ebenso erscheinen die jugendlichen Schalen meist in sehr ungünstigem Verhältnisse zu der verhältnissmässigen Weite der

Mundöffnung, so dass sie im Allgemeinen mehr becher- oder mützenförmig erscheinen. Die Organisation der Jungen selbst ist in vielen Punkten wesentlich verschieden von derjenigen der erwachsenen Thiere,

Fig. 1266.



Murchisonia bigranulosa.

Fig. 1267.



Cirrhus Goldfussi (spinosus). Eifel.

Fig. 1268.



Patella rugosa. Von der Seite und von oben. *Great oolite.*

Fig. 1269.



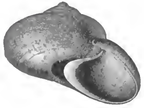
Rimula clathrata. Great oolite.

Fig. 1270.



Natica lyrata. Aus der chloritischen Kreide.

Fig. 1271.



Turbo plicatilis. Aus dem Néocomien.

und am deutlichsten zeigt sich diese Verschiedenheit in den Bewegungsorganen. Diese sind anfänglich mehr auf das Schwimmen als auf das Kriechen berechnet. Zwei grosse häutige Segel mit Flimmerhaaren besetzt vermitteln diese schwimmende Fortbewegung, während der Fuss, welcher dem erwachsenen Thiere zur Fortbewegung dient, bei den Jungen meist in seiner ganzen Ausdehnung auf einem hornigen Deckel befestigt

ist und nur zum Oeffnen und Schliessen der Schale dient. Berücksichtigt man diese verschiedenen Momente, so scheinen diejenigen

Fig. 1272.



Neritina concava. Barton.

Fig. 1273.



Natica helicoides. Asti.

Fig. 1274.



Turritella multisulcata. Grobkalk.

Fig. 1275.



Rissoa Chastelii Fontainebleau.

Familien der Gasteropoden, in welchen die Oeffnung der Schale ganzrandig (Fig. 1276 und 1277; ferner 1278) und bedeutend gross ist, bei welchen der Fuss reducirt und weniger entwickelt ist, und wo ein bedentend grosser Deckel existirt, welcher die Mundöffnung vollständig schliessen kann, einem niedern Organisationstypus anzugehören. Die Gasteropoden dagegen (Fig. 1279

Fig. 1276.



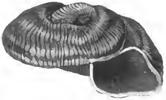
Helcion lineatus.

Fig. 1277.



Aus der Trias.

Fig. 1278.



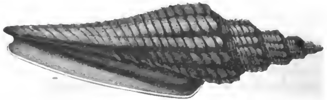
Euomphalus rugosus. Aus dem obersilurischen Systeme.

Fig. 1280.



Cerithium hexagonum. Aus dem Grobkalk.

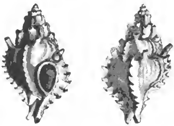
Fig. 1279.



Voluta elongata. Aus dem Turonien.

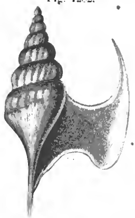
und 1280) mit canalmundiger Schale, deren unterer Schlitz oft noch in eine lange Röhre (Fig. 1281 und 1282) ausgezogen ist, stellen

Fig. 1281.



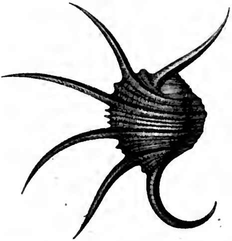
Typhis tubifer.
Aus dem Grobkalke.

Fig. 1282.



Rostellaria Parkinsoni. Aus dem Gault.

Fig. 1283.



Pterocera Oceani.
Pterocerenkalk des Kimmeridgien.

Fig. 1285.



Pleurotomaria granulata.
Von unten. *a* der Spalt der Lippe.

Fig. 1286.



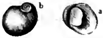
Pleurotomaria ornata.
Beide Arten im Unterioolith.

Fig. 1284.



Bulla suprajurensis.
Aus d. Kimmeridgemergel.

Fig. 1287.



Nerita costata.
a Von unten m. d. Deckel in der Mundöffnung. *b* Von oben. *Great oolite.*

Fig. 1288.



Actaeon acutus.
Great oolite.

Fig. 1289.



Nerinea suprajurensis.
Darüber eine Windung, mitten durchschnitten.

Fig. 1290.



Nerinea Mosae.
Aus dem *Coral-rag.*

Fig. 1291.



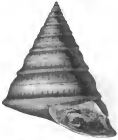
Nerinea Godhallii.
Aus dem *Coral-rag.*

Fig. 1292.



Pterocera Pelagi. Aus dem Néocomien.

Fig. 1293.



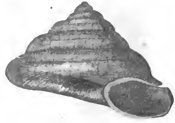
Pleurotomaria Fleuriausa.

Fig. 1294.



Pleurotomaria Santonensis.
Aus der weissen Kreide.

Fig. 1295.



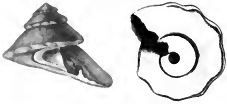
Pleurotomaria neocomensis.
Aus dem Néocomien.

Fig. 1296.



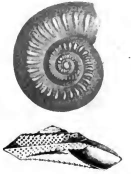
Fusus neocomiensis.
Aus dem Néocomien.

Fig. 1297.



Phorus canaliculatus.
Von der Seite und von unten, um den Nabel zu zeigen.

Fig. 1298.



Solarium ornatum.
Aus dem Albien.

Fig. 1299.



Acteonella crassa.
Aus der dritten Rudistenzone.
(Chlorit. Kreide.)

Fig. 1300.



Acteonella laevis.
Aus dem Turonien.

Fig. 1301.



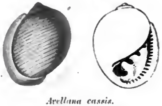
Pterodonta inflata.
Aus dem Cénomanien.

Fig. 1302.



Avellana incrassata.
Aus dem Gault.

Fig. 1303.



Avellana cassis.
Aus dem Cénomanien.

Fig. 1304.



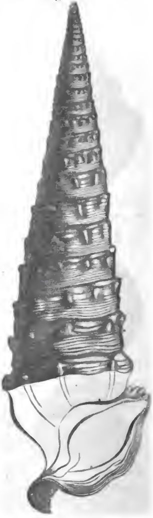
Nerinea bisulcata.
Aus der weissen Kreide.

Fig. 1305.



Turritella angulata.
Aus dem Néocomien.
Daneben die Ansicht von unten, um Oeffnung und Nabel zu zeigen.

Fig. 1306.



Cerithium giganteum.
Aus dem Grobkalke von Paris.

Fig. 1307.



Cerithium hexagonum. Aus dem Grobkalk.

Fig. 1308.



C. concavum.
Barton.

Fig. 1309.



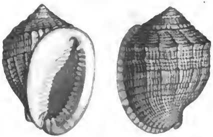
Cerithium plicatum. Tongrien.

Fig. 1310.



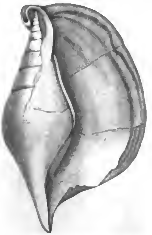
Cerithium elegans. Diablerets.

Fig. 1311.



Cassis cancellata. Aus dem Grobkalke.

Fig. 1312.



Rostellaria macroptera. Londonstufe.

Fig. 1313.



Nassa granulata. Crag.

Fig. 1315.



Phorus extensus. Londonthon.

Fig. 1314.



Pleurotoma attenuata. Grobkalk.

Fig. 1316.



Murex alveolatus. Crag.

Fig. 1317.



Typhis pungens. Barton.

Fig. 1318.



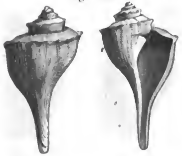
Fusus contrarius. Crag.

Fig. 1319.



Pyrula reticulata. Crag.

Fig. 1320.



Fulgur (Pyrula) canaliculata.
Mainzer Stufe.

Fig. 1321.



Mitra scabra.
Barton.

Fig. 1322.



Voluta athleta.
Beauchamps.

Fig. 1323.



Voluta ambigua.
Beauchamps.

Fig. 1324.



Voluta nobosa.
Londonthon.

Fig. 1325.



Voluta latrella.
Grobkalk.

Fig. 1326.



Voluta Lamberti.
Crag.

Fig. 1327.



Conus deperditus.
Grobkalk.

Fig. 1329.



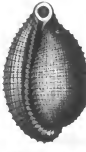
Cypraea coccinalloides.
Crag.

Fig. 1331.



Terebellum fusiforme.
Cuise la Motte.

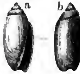
Fig. 1328.



Cypraea elegans.
Aus dem Grobkalke.

Fig. 1330.

a b



Oliva Dufresnii.
Mainzer Stufe.

Fig. 1332.



Terebellum convolutum.
Barton.

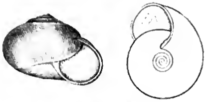
offenbar die höchste Entwickelung des Typus dar, sowie andererseits die Landschnecken, die eine Lungenhöhle besitzen (Fig. 1333 bis 1347).

Fig. 1333.



Cyclostoma Arnoudi. Aus dem plastischen Thone.

Fig. 1334.



Helix hemisphaerica. Aus dem plastischen Thone.

Fig. 1335.



Melania inquinata. Plastischer Thon.

Fig. 1336.



Melania turritissima. Bembridge.

Fig. 1337.



Paludina lenta. Tongrien.

Fig. 1338.



Paludina orbicularis. Bembridge.

Fig. 1339.



Physa Bristori. Im Purbeck-kalke.

Fig. 1340.



Lymnaeus pyramidalis. Aus d. plastischen Thone.

Fig. 1341.



Lymnaeus longiscatus. Montmartre.

Fig. 1342.



Physa columnaris. Aus dem plastischen Thone.

Fig. 1343.



Planorbis discus. Bembridge.

Fig. 1344.



Planorbis euomphalus. Barton.

Fig. 1345.



Lymnaeus caudatus. Barton.

auch bei abweichender Form um so mehr als vollendetste Gruppe angesehen werden müssen, als ihre Entwickelung eine von den übrigen

Fig. 1346.



Helix occlusa.
Montmartre.

Fig. 1347.



Helix labyrinthica. Barton.

Gasteropoden sehr verschiedene ist. Die Wasserpulmonaten schliessen sich durch Entwickelung des Segels etc. noch ganz den Meerschnecken an; bei den Landschnecken aber scheint dieses Segel durch eine contractile Nackenblase ersetzt zu werden, deren Zusammenziehungen rhythmisch den Contractionen einer Schwanzblase entsprechen. Beide, Nacken- und Schwanzblase, arbeiten fort, bis das Herz in Function tritt. Die Schale, wenn überhaupt, bildet sich erst spät.

§. 1501. Der Kreis der **Cephalopoden** oder **Kopffüssler**, welcher bis jetzt allgemein zu den Weichthieren gerechnet wurde, gehört hauptsächlich der Vergangenheit an, indem wir unter den jetzt lebenden nur wenige Repräsentanten mit Schalen versehener Familien kennen.

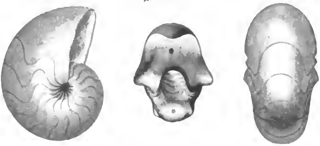
Bei den meisten derselben ist die Ebene, um welche sich die Organe symmetrisch anlagern, vollkommen gerade, und nur bei denjenigen, welche gekammerte Schalen besitzen, zeigt sich die Aufrollung dieser Ebene in spiraliger Form. Leider bietet die Entwickelungsgeschichte dieser Thiere, so weit sie bis jetzt bekannt ist, noch keinen Anhaltspunkt für die Abschätzung des Werthes der Verschiedenheiten, welche ihre Organisation zeigt. Man kennt bis jetzt nur die Entwickelung der nackten Dintenfische, welche unsere Meere bewohnen, während diejenige des Nautilus und der Spirula, der einzigen jetzt lebenden Cephalopoden mit gekammerter Schale, durchaus unbekannt ist.

§. 1502. Nach dem Urtheile aller Anatomen steht die Familie der **Nautilen** (Fig. 1348 und 1349) in der Entwickelung auf einer weit niederen Stufe der Organisation, als die der zweikiemigen Cephalopoden, welche jetzt das Uebergewicht haben. In der Entwickelungsgeschichte bietet sich für die Unterstützung dieser Ansicht nach den jetzigen Untersuchungen nur eine einzige Thatsache. Die hervorsprossenden Arme der Zweikiemer tragen anfangs, wenn der Embryo noch einen grossen Dottersack hat, keine Saugnäpfe, sondern gleichen conischen Fühlfäden, wie sie der Nautilus statt vollständig ausgebildeter Arme trägt.

Die genetische Entwickelung der Cephalopoden aus niederen Typen der Schnecken, namentlich der Flossenfüsser, dürfte nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen schon um deswillen nicht statthaft sein, weil

sie schon mit diesen zusammen in den silurischen Schichten vorkommen.

Fig. 1348.



Nautilus Danicus. Aus der oberen Kreide von Faxoe.

Fig. 1349.



Von der Seite. Von der Mündung aus.

Phragmoceras (Campulites) ventricosum.
Aus dem obersilurischen Systeme von England.

Betrachten wir nun die paläontologische Entwickelung des Stammes der Weichthiere, so tritt uns als erste Thatsache entgegen, dass Brachiopoden, Lamellibranchier, Pteropoden, Gasteropoden und Cephalopoden, also alle Haupttypen derselben, schon vollkommen charakterisirt uns in den untersilurischen Schichten entgegentreten. In der europäischen Primordialfauna sind zwar bis jetzt nur Brachiopoden und Pteropoden nachgewiesen worden; in der nordamerikanischen dagegen auch die übrigen Classen. So weit also die bis jetzt bekannten Thatsachen reichen, stehen sämmtliche Classen des Weichthierstammes auf derselben Stufe paläontologischen Ursprunges und lässt sich von keiner behaupten, dass sie aus einer andern sich entwickelt habe. Es ist sogar unwahrscheinlich, dass manchen dieser Typen schalenlose §. 1503.

Urmollusken vorausgegangen seien, welche nicht mehr in den noch älteren Schichten erkannt werden können, indem sie verschwunden sein müssen; da die Nacktschnecken im Embryonalzustande Schalen besitzen, so ist die Nacktheit offenbar ein erworbener, nicht ein primitiver Zustand.

Dagegen lassen sich wohl in den einzelnen Classen selbst Vorgänge wahrnehmen, welche eine allmälige Fortbildung innerhalb derselben nachweisen.

§. 1504. In der Classe der **Muschelthiere** war man schon seit langer Zeit auf das verschiedene Verhältniss aufmerksam geworden, in welchem die Armfüssler oder Brachiopoden zu den eigentlichen Muscheln, den Blattkiemern (Lamellibranchien), stehen, indem letztere in der Jetztwelt bedeutend überwiegen, während erstere in den älteren Schichten die grösste Zahl der Muschelthiere überhaupt ausmachen. Betrachtet man die Unterclasse der **Armfüssler** im Ganzen, so zeigen sich diese in steter Abnahme von den silurischen Schichten an, wo sie in grösster Mannigfaltigkeit auftreten, bis in die Jetztwelt, in welcher sie nur höchst wenige isolirte Repräsentanten besitzen. Rein paläozoisch sind die Familien der Orthisiden und Productiden, während die Linguliden in steter Abnahme von den tiefsten silurischen Schichten bis in die Jetztwelt, die Terebratuliden von dem devonischen Systeme aus beharren. Die Familie der Spiriferen reicht nur bis zum Lias, die der Rhynchonellen bis zum Ende der Kreideperiode, während die Orbiculiden in der Kreide und den unteren Tertiärschichten fehlen, in den oberen Tertiärschichten und der Jetztwelt sparsam vertreten sind, in den silurischen Schichten aber das Maximum ihrer Ausbildung besessen haben und die Craniaden erst in der Kreideperiode beginnen, um sich bis in die Jetztwelt fortzusetzen.

Das ganze Verhalten der Brachiopoden, ihre Entwickelung durch die geologischen Epochen wie durch ihre individuelle Existenz hindurch beweist also, dass sie einem aussterbenden Stamme angehören, der aus dem Kampfe um das Leben sich in grössere Tiefen der Meere zurückgezogen hat.

§. 1505. Die grosse Unterclasse der **Blattkiemer** selbst zeigt eine Entwickelung, welche mit der allmäligen im Einklange steht. Die drei grossen Gruppen der Seitenmuscheln, der Gradmuscheln, der Muscheln mit ausgeschnittenem Mantel sind schon in den ältesten Zeiten vertreten, wenn auch in abweichendem Verhältniss, während die Röhrenmuscheln erst mit dem obern Lias ins Leben treten und überhaupt erst in der Tertiärzeit eine bedeutendere Entwickelung zeigen. Alle diese Gruppen nehmen übrigens stetig bis in die Jetztzeit zu, in welcher für die meisten das Maximum vorhanden ist. In den silurischen

Schichten finden sich von Seitenmuscheln nur die Aviculiden vertreten, die Gradmuscheln durch Cardititen, Cardiden, Archenmuscheln und Nuculiden, während die Muscheln mit ausgeschnittenem Mantel nur wenige Gattungen besitzen, die den Lediden und den Anatiniden angehören. Am Ende der paläozoischen Periode finden wir die Seitenmuscheln durch die Kammmuscheln und die Austern vermehrt, die Gradmuscheln durch Trigoniden, die Muscheln mit ausgeschnittenem Mantel durch Cypriniden und Soleuiden.

Erst in dem obern Lias kommen die Bohrwürmer und Pholaden, in der untern Kreide die durchaus abweichende und auf die Kreide beschränkte Familie der Hippuriten hinzu, und zuletzt in der mittlern Kreide die Clavagellen, welche mit den Bohrwürmern die beiden Familien der Röhrenmuscheln repräsentiren. Wenn wir aber nun wissen, dass die Jungen der Pfahlwürmer (*Teredo*) in ihrem Larvenzustande

Fig. 1350.



Hippurites Toucasiana. Aus d. Turonien.
In ganzer Gestalt, verkleinert.

Fig. 1351.



Caprina Aquiloni.
Aus dem Turonien.

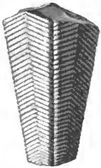
vollkommene Gradmuscheln mit gleichklappigen Schalen sind, in welche das ganze Thier sich zurückziehen kann, dass sie später eine Art Puppenzustand durchlaufen, in welchem sie einen langen eingeknickten, zum sprungweisen Fortschnellen geeigneten Fuss und kurze Athemröhren besitzen, so dass man sie in diesem Zustande unbedenklich den Muscheln mit eingebuchtetem Mantel, z. B. den Venusmuscheln, anreihen würde, und dass sie erst in späterm Alter die Form erhalten, in welcher sie durch ihren geschlossenen Mantel, die kleinen unbeden-

tenden Schalenklappen, die einfache Röhre, welche ihren langgestreckten Körper umgiebt, und durch den vorwärts gestreckten massigen Fuss, sowie durch ihr concentrirteres Nervensystem den Schnecken, namentlich den Dentalien und den Wurmschnecken sich annähern, so müssen wir bei Vergleichung der geologischen Entwickelung finden, dass ganz derselbe Ausbildungsgang im Ganzen verfolgt wird, indem auch hier die Formen mit gebuchtetem Mantel und zuletzt die Röhrenmuscheln mehr und mehr bedeutend in ihrer Proportion gegen die Gradmuscheln mit ganzem Mantel werden, die in steter Zunahme bis zum Jura sich befinden, dann aber sich in stets gleicher Höhe halten, während im Gegentheile die mantelbuchtigen Muscheln auch nach dem Jura eine stete Zunahme zeigen.

Fragen wir nun bei den **Gasteropoden** zuerst nach jenen abnormen Gruppen, welche sowohl durch den Bau der vollendeten Thiere als auch durch ihre Entwickelung von den übrigen Sohlenkriechern abweichen, so darf es uns kaum auffallen, wenn wir die Pteropoden schon in den ältesten Schichten und zwar ziemlich reichlich vertreten finden.

Wir haben schon darauf aufmerksam gemacht (Bd. I, S. 270), dass man zweifeln kann, ob die Gattung Bellerophon auch wirklich zu den Kielfüssern oder Heteropoden gehört, der man sie gewöhnlich zuzählt.

Fig. 1352.



Conularia ornata. Aus der Eifel.

Fig. 1353.



Hyalea Orbignyana. Aus den Faluns.

Fig. 1354.



Tentaculites annulatus.

In natürlicher Grösse und ein Stück vergrössert. In den oberen Llandovery- und Caradoc-Schichten.

Wenn nicht, so begänne diese höhere Ausbildung des Gasteropodentypus erst in den mittleren Tertiärgebilden, während sie sonst die Anomalie zeigte, zwischen paläozoischen und tertiären Schichten gar nicht vertreten zu sein.

Die Dentaliden beginnen im devonischen System und setzen sich durch alle Schichten hindurch bis in die Neuzeit fort; die Chitoniden

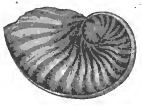
beginnen schon in den silurischen Schichten, so dass also die durch wurmförmige Larven ausgezeichneten Typen auch zu den ältesten in der Geschichte gehören.

Fig. 1355.



Bellerophon bilobatus.
Aus beiden silurischen Systemen.

Fig. 1356.



Carinaria Hugardi.
Aus den Faluns.

Die Classe der Bauchfüsser oder Gasteropoden ist in den paläozoischen Gebilden durch siebenundzwanzig Gattungen vertreten, welche den Kreiselschnecken (*Trochida*), den Seeohren (*Haliotida*), den Spaltschnecken (*Fissurellida*), den Pyramidenschnecken (*Pyramidellida*), den Nabelschnecken (*Naticida*), den Zahnschnecken (*Dentalida*), den Mützenschnecken (*Capulida*) und den so höchst eigenthümlichen Maclureen angehören. Betrachtet man die Classe im Ganzen, so zeigt sich §. 1506.

Fig. 1357.



Maclurea Logani.
a Schale. *b* Deckel.

eine stete Zunahme in Mannigfaltigkeit der Formen und Individuen bis in unsère jetzige Schöpfung; vergleicht man aber ihre Anfangszeit mit diesem Endpunkte, so ergiebt sich ein bedeutender Unterschied der Form. Alle Schnecken ohne Ausnahme, welche man bis jetzt in den paläozoischen Gebilden gefunden hat, haben eine Schale mit weiter ganzer Mnndöffnung oder mit Schlitzen auf dem äussern Umfange. Diese Gattungen setzen sich zwar durch alle Schichten, die Trias, den Jura, die Kreide und die Tertiärzeit hindurch, in Zunahme fort; aber erst in den Schichten der Trias beginnen einzelne Gattungen von canalmündigen Schnecken, welche von dort an in beständigem Zunehmen sind, so dass diese letztere Form schon im obern Jura das Gleichgewicht hält, in der Kreide sie aber überwiegt und in der Tertiärzeit und der Jetztwelt die bedeutendste Proportion ausmacht. Wenn dem-

nach auch die absolnte Zahl der ganzmündigen Schnecken im Zunehmen wäre, was nicht der Fall ist, so ist sie jedenfalls in proportionaler Abnahme, wenn man sie im Verhältniss zum Ganzen betrachtet. Nun kann es aber keinem Zweifel unterliegen, dass die canalmündigen Schnecken einen höhern Typus darstellen, als die ganzmündigen. Alle Schnecken ohne Ausnahme, auch die ganz nackten, welche im spätern Alter keine Spur von Schale besitzen, haben während ihres Larvenzustandes, wo sie mittelst wimpernder Segel schwimmen, eine Schale mit weiter offener ganzrandiger Mündung, die erst im spätern Wachsthum bei den canalmündigen Schnecken die Form dieser letzteren erhält. Es ergiebt sich aus diesem einfachen Umstande schon, dass die Ausbildung der Typen in der paläontologischen Reihe ganz denselben Schritt hält, wie die jetzige Ausbildung der Embryonalformen. Hierzu kommt noch ein zweiter Umstand. Die Lungenschnecken stellen wohl ohne Zweifel den höchsten Typus der Organisation in der Classe der Gasteropoden dar; sie beginnen aber erst in der Wälderformation, und auch hier nur mit einer einzigen Gattung, den Sumpfschnecken (*Paludina*), während ihre wahre Ausbildung erst mit den Tertiärschichten anfängt, von wo sie in beständiger Zunahme begriffen sind.

§. 1507. Der besonders für die älteren Schichten so wichtige Entwickelungstypus der **Cephalopoden**, den man von den Weichthieren gänzlich abtrennen sollte, zeigt, wenn man die Classe im Ganzen betrachtet, das Maximum seiner Ausbildung, was Mannigfaltigkeit der Formen und Präponderanz über die übrigen Classen betrifft, in den paläozoischen Gebilden, von wo er bis zu der Trias hinabsinkt, um von dieser ausgehend wieder durch den Jura bis zur Kreide zuzunehmen, von welcher an ein neues Sinken durch die Tertiärschichten hin stattfindet, während in der Jetztwelt die Mannigfaltigkeit der Formen wieder bedeutender zu werden scheint. Ein solches wechselndes Abnehmen und Zunehmen würde unerklärlich sein, fasste man nicht die Elemente, welche dieses bedingen, in das Auge. Die jetzt lebenden Cephalopoden lassen zwei Gruppen besonders deutlich hervortreten; eine, die nur einen einzigen Repräsentanten in dem Nautilus zählt und bei welcher vier Kiemen, vollständige gekammerte Schale, in welche das Thier sich zurückziehen kann, und eigenthümliche fühlfädenähnliche geringelte Arme ohne Saugnäpfe daran vorkommen, und eine zweite jetzt dominirende Gruppe, von welcher die meisten Glieder gar keine harten Gebilde besitzen, einige innere Schalenknochen und nur ganz wenige äussere Schalen haben, die erst nach dem Eileben sich bilden und bei welchen stets zwei Kiemen und Arme mit Saugnäpfen oder Krallenhaken vorkommen. Schon aus diesem Verhältniss wird es begreiflich, dass in der Jetztwelt, wo man auch die Arten ohne feste Theile kennen kann, eine scheinbar grössere Mannigfaltigkeit der Formen vorzukommen

scheint. Betrachtet man das Verhältniss beider Gruppen zu einander, so zeigt sich, dass die Belemnitiden, die man zu den Zweikiemern rechnet, erst mit den Schichten von St. Cassian anfangen, in dem Jura (Fig. 1358 bis 1361) und dem Néocomien ihr Maximum erreichen, dann

Fig. 1358.



Fig. 1359.



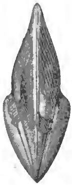
Ansichten eines vollständigen Belemnitenknochens.
a Hornblatt. *b* Alveole. *c* Körper.
Nach Fragmenten restaurirt.

Fig. 1360.



Belemnites hastatus.
Aus dem Oxfordmergel mit einem Theile der Alveole.

Fig. 1361.



Belemnoteuthis subcostata.
Aus dem Toarcien.

aber durch die Kreide hindurch (Fig. 1362 u. 1363 a. f. S.) abnehmen und in den Tertiärschichten nicht mehr vorhanden sind. Dagegen beginnen in dem Lias Formen, welche unseren Calmaren und Sepien an die Seite gestellt werden können, oder auch der lebenden Gattung Spirula sich nähern. Diese ersetzen in den Tertiärschichten ganz die Belemniten und nehmen bis zur jetzigen Schöpfung stets zu. Anders zeigt sich der Entwickelungsgang der Vierkiemer, welche alle gekammerte Schalen besitzen. Hier findet das Maximum an Mannigfaltig-

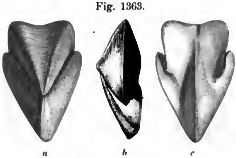
keit der Formen und Individuen in den paläozoischen Zeiten statt, und es zeigt sich stete Abnahme bis zur Kreide, wo ein neuer Reich-

Fig. 1362.



Belemnitella mucronata. Aus d. weissen Kreide.

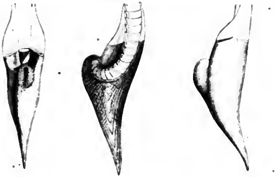
Fig. 1363.



Rhynchoteuthis Astieriana.
a Von vorn. *b* Von der Seite. *c* Von hinten.

thum von Formen eintritt, der dem paläozoischen Maximum nahe kommt, dann aber plötzlich wieder in den Tertiärschichten zurücksinkt, um in der Jetztwelt fast gänzlich zu verschwinden. Untersucht man

Fig. 1364.



Spirulirostra Bellardi.

den nähern Grund dieses Verhältnisses, so findet man ihn in der ungleichen Ausbildung der einzelnen Typen, aus welchen die Vierkiemer zusammengesetzt sind. Will man die Orthoceratiden mit ihren zahlreichen Untergattungen und der Hauptgattung Orthoceras als eine Familie betrachten, so beginnt diese den Reigen allein in den untersilurischen Schichten, treibt bald mancherlei Seitenzweige mit mehr oder minder gewundenen Formen und erlischt endlich wieder gerade

gestreckt in der obern Trias. Die Nautiliden beginnen in dem obersilurischen Systeme. Die Clymeniden (Fig. 1365), welche man gemeiniglich noch zu der Familie der Nautiliden zählt, sind mit Ausnahme

Fig. 1365.



Clymenia Sedgwickii. a Von der Seite. b Von vorn. c Eine Kammerscheidewand vom Rücken aus.

Fig. 1366.



Orthoceras annulatum.

Fig. 1367.



Phragmoceras (Campulites) ventricosum.
Von der Seite. Von der Mündung aus.
Aus dem obersilurischen Systeme von England.

einer einzigen seltenen Gattung gänzlich auf die paläozoischen Gebilde beschränkt. Von den Nautiliden im engern Sinne (Fig. 1366 bis 1368)

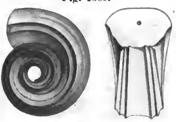
kommen nur drei in der Trias vor und nur die einzige typische Gattung *Nautilus* (Fig. 1369 bis 1371) setzt sich durch alle Stock-

Fig. 1368.



Lituites cornu arietis.
Silurisches System.

Fig. 1369.



Nautilus Koninkii, von der Seite und von vorn.

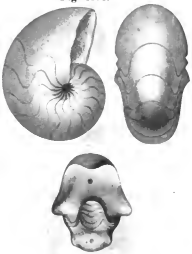
werke bis in die Jetztwelt fort. Die Orthoceratiden **mit dorsalem Sipho**

Fig. 1370.



Nautilus lineatus.
Aus dem untern Oolith.

Fig. 1371.



Nautilus Danicus.
Aus der obern Kreide von Faxoë.

(Fig. 1372) aber ganzen Scheidewänden, welche man zuweilen als zur Familie der Ammoniten gehörig betrachten wollte, gehören einzig den paläozoischen Schichten an und setzen sich nirgends weiter fort, so dass demnach der Schwerpunkt in der Entwickelung der Nautiliden ganz in die ältesten Schichten fällt. Umgekehrt verhält es sich mit den Ammoniten; die Goniatiten (Fig. 1373 bis 1377) stellen die ein-

Fig. 1372.



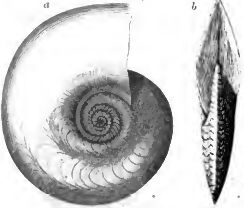
Gyroceras Eifelense. Devonisches System.

Fig. 1373.



Goniatites Hoeninghausi.
Eifel. *a* von der Seite. *b* von vorn.

Fig. 1374.



Goniatites costulatus. Eifel.
a von der Seite. *b* von dem Rücken.

Fig. 1375.



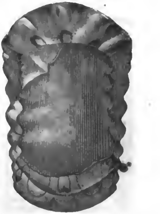
Goniatites (Aganides) Jossae.
Ein junges Exemplar.

Fig. 1376.



Goniatites (Aganides). Jossae.
Alt, von der Seite. Aus der Steinkohle.

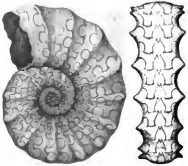
Fig. 1377.



Ansicht von vorn, um die Sättel
und Loben der Kammerwandung zu zeigen.

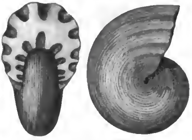
zige Gattung dieser Familie vor, welche im devonischen und Kohlensysteme beginnen, sich bis zur Trias fortsetzen und dort aussterben, während die Ceratiten (Fig. 1378) dagegen nur der Trias angehören,

Fig. 1378.



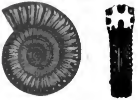
Ceratites nodosus.
Von der Seite und vom Rücken.

Fig. 1379.



Ammonites tornatus.
Aus den Schichten von St. Cassian.

Fig. 1380.



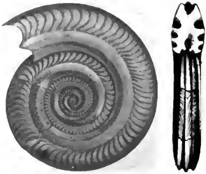
Ammonites Bucklandi (bisulcatus).
Von der Seite und von vorn.
Aus dem untern Lias.

Fig. 1381.



Ammonites Nodotianus.
Aus dem untern Lias.

Fig. 1382.



Ammonites bifrons.
Aus dem Toarcien.

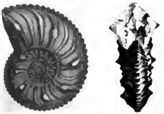
Fig. 1383.



Ammonites striatulus.
Aus dem untern Oolith.

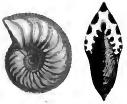
die Ammoniten (Fig. 1379 bis 1389) dagegen, in St. Cassian beginnend,

Fig. 1384.



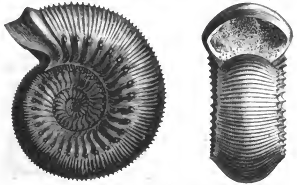
Ammonites margaritatus.
Aus dem mittlern Lias.

Fig. 1385.



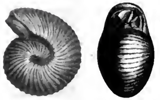
Ammonites cordatus.
Aus dem Oxfordmergel.

Fig. 1386.



Ammonites Humphresianus. Aus dem Bajocien.

Fig. 1387.



Ammonites bullatus.
Aus der Bathgruppe.

Fig. 1388.

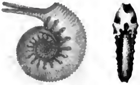


Ammonites refractus.
Aus dem untern Oxford.

die reichste Mannigfaltigkeit ihrer Formen in der Kreide (Fig. 1390 bis 1392 a. f. S.) zeigen, dann aber spurlos verschwinden. Die Anhaltspunkte, welche unsere Entwickelungsgeschichte oder vergleichende

Anatomie zur Beurtheilung dieses Entwickelungsganges bieten können,

Fig. 1389.



Ammonites Jason.
Aus dem untern Oxford

Fig. 1390.



Crioceras Duvalii.
Aus dem Néocomien.

Fig. 1391.



Turrilites catenatus
Aus dem Albien.

sind nur äusserst gering, da von dem Nautilus namentlich noch gar keine Thatsache zur Entwickelungsgeschichte gehörig bekannt ist. Die Anatomen stimmen darin überein, dass der Nautilus in seiner Organisation tiefer steht, als die Zweikiemer, und in der That zeigt der Embryo der Zweikiemer bei der ersten Bildung seiner Arme Formgestaltungen in diesen, welche den fühlfädenartigen Armen des Nautilus ähnlich sehen. Es steht demnach hiermit im Einklange, dass die Vierkiemer beständig abnehmen, während die Zweikiemer im Ver-

Fig. 1392.



Ancyloceras Matheronianus. Aus den Aptmergeln.

hältniss zu ihnen wenigstens eine relative Zunahme zeigen; es ist aber unmöglich, aus den bis jetzt vorhandenen Beobachtungen Schlüsse über das Auftreten und Verschwinden der Ammoniten einerseits und der Belemniten andererseits genügende Auskunft zu ertheilen.

In dem grossen Kreise der Gliederthiere sind es besonders die Crustaceen, welche als Wasserbewohner eine grosse Wichtigkeit für die Geologie haben. Die Betrachtung ihrer Formen wird ausserordentlich erschwert durch die ungemein zahlreichen Uebergänge, welche mittelst allmäliger Umgestaltung der Körperform, sowie der einzelnen Anhänge zwischen den verschiedenen Haupttypen hergestellt werden. Unter diesen unterscheidet man wohl am besten folgende Gruppen: 1) Die Classe der Hautkrebse (*Entomostraca*), mit gewöhnlich dünnhäutiger oder dünnhorniger Körperbedeckung, die sich bald zu einem breiten Schilde, bald selbst zu einer zweiklappigen Schale ausbildet, und mit meist scheerenlosen Füssen, die bald zum Anklammern mit Haken, bald zum Schwimmen mit langen Borsten besetzt sind, oder sich selbst zu eigenthümlichen Blättern, Ranken und sonderbaren fleischigen Anhängen ausbilden. Die Fühler sind gewöhnlich bei den Embryonen und Larven, sowie bei vielen erwachsenen Thieren zu Schwimmorganen und Klammerwerkzeugen umgebildet. Viele dieser Thiere sitzen in ihrem zeugungsfähigen Alter auf dem Boden oder als Schmarotzer an anderen Thieren fest; die frei lebenden gehören zu den kleineren Gattungen der ganzen Classe. Nach den entwickelten Thieren kann man folgende Gruppen als Ordnungen aufstellen, die alle, wie wir sehen werden, mehr oder minder durch die Larvenform in bestimmter Beziehung zu einander stehen. Die Rankenfüsser (*Cirrhipedia*), Fig. 1393, Thiere, welche im Alter festsitzen, §. 1508.

Fig. 1393.

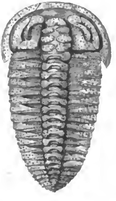


Restauration eines Aptychus als Rankenfüsser.

deren Füsse sich zu gegliederten Ranken umbilden und die sich mit Schalen umgeben, deren Form so eigenthümlich ist, dass man sie bis in die neueste Zeit, ehe man ihre Entwickelung kannte, zu den schalentragenden Weichthieren zählte, oder eine besondere Zwischenclasse zwischen Weich- und Krustenthieren aus ihnen machte. Die Ruderfüsser (*Copepoda*) schliessen als abgeleitete Form die Schmarotzerkrebse (*Parasita*) ein, unter welchen wir Thiere finden, die durch die Zurückbildung aller Sinnes- und Bewegungsorgane während der Periode ihres Schmarotzerlebens sich so sehr von dem Typus der Gliederthiere entfernen, dass man sie theilweise den Eingeweidewürmern zuzählte. Weit höher erhebt sich die Organisation bei

den eigentlichen Krebsflöhen (*Eucopepoda*), freischwimmenden, kleinen Thierchen mit borstentragenden Schwimmfüssen und meistens einem Auge, das durch Muskeln beweglich ist und mitten auf der Stirn steht. Die Ordnung der Kiemenfüsser (*Branchiopoda*), welche wir hierauf folgen lassen, zeichnet sich durch eine grosse Anzahl blattförmiger Füsse aus, die zugleich zum Schwimmen und zum Athmen dienen. Zu ihnen gehören die Trilobiten, Fig. 1394 und 1395, 1396 bis 1398, oder Paläaden (*Trilobita*), die vollkommen ausgestorben sind,

Fig. 1394.



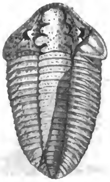
Sao hirsuta.
Aus dem untersilurischen Systeme Böhmens; vom Rücken aus.

Fig. 1395.



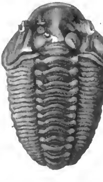
Dieselbe von der Seite.

Fig. 1396.



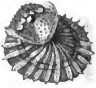
Calymene Blumenbachii, vom Rücken, mit theilweise erhaltener Schale.

Fig. 1397.



Dieselbe ohne Oberschale.

Fig. 1398.



Zusammengerollt.

und nur in den ältesten Schichten der Erde vorkommend, dort die ganze Classe der Krustenthiere vertreten, die eigentlichen Blattfüsser

(*Phyllopoda*), die Wasserflöhe (*Cladocera*), und als mehr anomale Glieder die Muschelkrebse, Fig. 1399 und 1400 (*Ostracoda*), und die Pfeilschwänzer (*Poecilopoda*), Fig. 1401.

Fig. 1399.



Cypridinenschiefer von Weilburg.

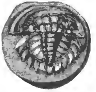
Fig. 1400.



Cythere auricula.

Von der Seite, von vorn und von unten.

Fig. 1401.



Bellinurus (Limulus) rotundatus.

Für alle Krustenthiere existirt ein gemeinschaftlicher Larventypus, §. 1509.
welcher am meisten bei den Krebsflöhen erhalten bleibt, und den man Nauplius genannt hat, während bei den übrigen Ordnungen ausserordentliche Veränderungen dieses Typus eintreten. In den Schwärmen kleiner Thierchen, welche bei stillem Wetter auf der Oberfläche des Meeres sich tummeln, findet man stets eine ungeheure Menge solcher Larven der verschiedensten Gattungen und Familien. Die Grundgestalt dieser Larven besteht in einem rundlichen, schildförmig plattgedrückten Thierchen ohne Leibesabschnitte, das nahe dem vordern Rande ein einziges, meist eckiges und brennend rothes Auge trägt und an dessen Bauchfläche drei Paar Bewegungsorgane sitzen. Das erste Paar dieser Organe ist meist nach vorn gerichtet, steht neben dem Auge zu beiden Seiten hervor, hat weniger Schwimmborsten, dagegen oft weit grössere Stacheln an der Seite und gestaltet sich gewöhnlich zu einem grossen Fühlerpaare um. Das zweite Paar ist meist am mächtigsten ausgebildet, das Endglied doppelt mit langen Schwimmborsten bewaffnet — es ist das hauptsächlichste Ruderorgan. Das dritte Paar, mehr nach hinten gerichtet, gewöhnlich kürzer, mit dickeren Stachelborsten versehen, dient beim Schwimmen, besonders aber zum Fortstossen auf dem Boden und zum Beischaufeln der Nahrung. Alle diese Anhänge entstehen unter einer vorstehenden Platte des Bauches, auf welcher

liegend die Thierchen oft ausruhen und an deren vorderm Rande die Mundöffnung deutlich ist. Von inneren Organen kann man bei den neugeborenen und etwas älteren Larven nur den Darmcanal unterscheiden, welcher gerade verläuft, nicht ohne am hintern Ende eine rundliche Kloakenauftreibung und davor zwei seitliche, rundliche Ausbuchtungen zu zeigen.

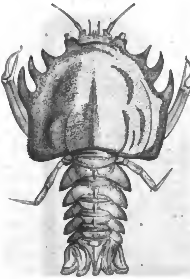
Die so gestalteten Larven der Krebsflöhe schwimmen ziemlich hurtig, aber in ganz eigenthümlich zitternder Weise, so dass man sie leicht an dieser Bewegung von den Infusorien unterscheiden kann, deren grösseren Gattungen sie selbst an Umfang nicht sehr vorstehen. Bei weiterm Wachsthum verlängert sich der Körper stets mehr nach hinten hin, indem zugleich die Gliederungen dieses hintern Theiles auftreten, und zugleich sprossen aus der Bauchfläche neue Fusspaare hervor, anfangs sehr kurz, die sich aber bald verlängern und nach und nach, nebst den schon vorhandenen, die den Krebsflöhen eigenthümliche Gestalt annehmen, so dass allmälig aus der ursprünglich eintheiligen platten Larve der definitive Krebsfloh mit seinem, in einen langen Schwanz ausgezogenen Körper hervorgeht.

Die Abweichungen, welche die Larven der übrigen Ordnungen, die wir anführten, zeigen, beruhen auf mehreren Ursachen. Bei den höheren Krebsen geht diese Larvenform (Nauplius) schnell vorüber, häufig schon im Ei; bei den niederen wird sie durch ungleiche Ausbildung der ursprünglichen Anhänge und durch Vorsprossen neuer Glieder, sowie durch Entwickelung anderer Körpertheile versteckt.

§. 1510. Die höheren Krebse, Panzerkrebse (*Malacostraca*), unterscheiden sich schon in der Entwickelung von den Hautkrebsen dadurch, dass nach dem Nauplius sich eine zweite Jugendform, Zoëa genannt, mehr oder minder vollständig ausbildet, welche besonders durch einen Stirnstachel ausgezeichnet ist. Man kann unter ihnen zwei Haupttypen unterscheiden. Unter dem Namen der Stielaugen (*Podophthalma*) begreift man die eigentlich typischen Krustenthiere mit ungetheiltem Kopfbrustschilde, vor dem zuweilen noch ein beweglicher Augenring steht, mit geringeltem Hinterleibe, gestielten, zusammengesetzten Augen und baumartig verästelten oder blätterig pyramidalischen Kiemen, die neben den eigentlichen Füssen existiren. Wir unterscheiden hier die Spaltfüsser (*Schizopoda*) mit gespaltenen Schwimmfüssen, die Mundfüsser (*Stomapoda*) mit freien baumartigen Kiemen und frei beweglichem Augenringe, und die Zehnfüsser (*Decapoda*) mit vollständigem Kopfbrustschilde, unter welchem die Kiemen in besonderen Höhlen verborgen liegen, und fünf Fusspaaren, deren erstes meist, die anderen zuweilen Scheeren tragen. Diese zahlreichste Ordnung theilt sich wieder, je nach der Ausbildung des Hinterleibes, in mehrere Unterordnungen: nämlich in die Langschwänzer (*Macrura*), Fig. 1402, die

Halbschwänzer (*Anomura*), Fig. 1403, und die Kurzschwänzer oder Krabben (*Brachyura*), Fig. 1404.

Fig. 1402.



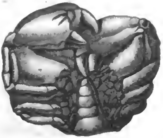
Eryon arctiformis.
Aus den Solenhofener Schiefern.

Fig. 1403.



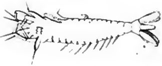
Hela speciosa.
Aus den Subapenninen.

Fig. 1404.



Cancer macrocheilus.
Aus den Subapenninen.

Fig. 1405.



Gampsonyx fimbriatus.
Im Eisensteine von Lebach bei Saarbrück.

Die höchste Form wird von den **Sitzaugen** oder **Ringelkrebsen** (*Edriophthalma*), Fig. 1405, gebildet. Brust und Kopf zeigen sich bei ihnen stets in ähnlicher Weise, wie bei den Insecten, gegliedert und deutlich von einander getrennt, während zugleich die Augen stiellos in dem Kopfschilde festsitzen. §. 1511.

Von den **Arachniden**, Fig. 1406, und **Tausendfüssern** zu reden, wäre unnöthig, da zu wenige Typen derselben im fossilen Zustande bekannt sind. §. 1512.

§. 1513. Betrachtet man das Heer der **Insecten** seiner morphologischen Entwickelung nach, so stellt sich zuerst ein Unterschied hinsichtlich

Fig. 1406.



Cyclophthalmus Bucklandi.
Von Chomle in Böhmen. Daneben die Flügeldecken eines Käfers.

Fig. 1407.



Libelle von Solenhofen.

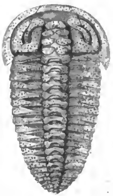
der Verwandlung derselben heraus. Allgemein hat man diejenigen Typen, welche keine oder nur eine unvollkommene Verwandlung erleiden, wie die Halbflügler oder Schnabelkerfe (*Hemiptera*), Geradflügler (*Orthoptera*), Fig. 1407, für unvollkommener in ihrer Organisation gehalten als die Insecten mit vollkommener Verwandlung, die Zweiflügler (*Diptera*), die Schmetterlinge (*Lepidoptera*),

die Netzflügler (*Neuroptera*), die Käfer (*Coleoptera*) und die Hautflügler (*Hymenoptera*). Die Larvenentwickelung der Insecten zeigt, dass diejenigen Ordnungen, welche saugende Mundtheile besitzen, weiter ausgebildet sind, als die, welche nur mit kauenden Mundtheilen bewaffnet sind, indem bei allen Larven nur kauende Mundtheile vorkommen und aus diesen erst durch besondere Modificationen die saugenden Mundtheile sich hervorbilden. Hält man diese Schlussfolgerung, welche freilich mit der bis jetzt üblichen Anordnung der Insecten nicht ganz übereinstimmt, fest, so ergiebt sich auch daraus eine übereinstimmende Entwickelung in der Erdgeschichte, indem Netzflügler, Geradflügler und Käfer schon in der Steinkohle, Hautflügler, Halbflügler und Fliegen im Jura, Schmetterlinge erst in der Tertiärzeit vorkommen.

Betrachtet man die Entwickelung des Gesammtheeres der Gliederthiere im Laufe der Erdgeschichte, so tritt als erste Thatsache hervor, dass die wasserathmenden, die Crustaceen, zuerst, die luftathmenden, Spinnenthiere und namentlich Insecten, erst später in die Erscheinung getreten sind. Dies ist überhaupt ein allgemeines Gesetz; wir sehen es ebenso gut bei den Wirbelthieren, wie bei den Mollusken hervortreten: das organische Leben hat sich von dem Wasser auf das Land fortschreitend entwickelt; aus Haut- und Kiemenathmern sind allmälig Luftathmer hervorgegangen. §. 1514.

Was nun zuerst die Crustaceen betrifft, so sehen wir eine ziemliche Mannigfaltigkeit von Formen, besonders in den silurischen Gebilden entwickelt, die dann successiv abnimmt, in dem mittlern Jura dagegen wieder etwas steigt, um in der Kreide zu sinken und von da an bis in die Jetztwelt successiv zu wachsen. Untersucht man die

Fig. 1408.



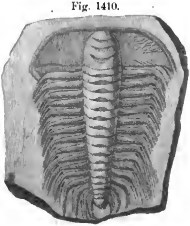
Sao hirsuta. Aus dem untersilurischen Systeme Böhmens vom Rücken aus.

Fig. 1409.



Dieselbe von der Seite.

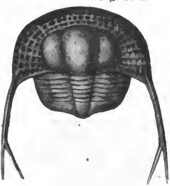
Fig. 1410.



Paradoxides spinulosus.

Entwickelung der einzelnen Typen in dieser grossen Classe, so stellen sich folgende Ergebnisse heraus. Mit dem ersten Beginne der paläozoischen Schichten erscheinen die Trilobiten (Fig. 1408 bis 1410 a. v. S. und Fig. 1411 bis 1416), mit einem ausserordentlichen Reichthume von

Fig. 1411.

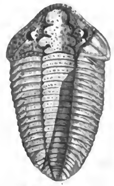


Trinucleus Pongerardi.
Aus den untersilurischen Schiefern von Angers. Von oben.



Durchschnitt des Thieres, wenn es den Schwanz eingeschlagen hat.

Fig. 1412.



Calymene Blumenbachii, vom Rücken, mit theilweise erhaltener Schale.

Fig. 1413.

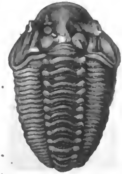
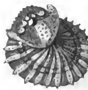


Fig. 1414.



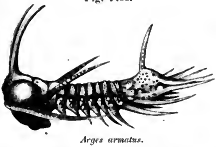
Zusammengerollt.

Calymene Blumenbachii, ohne Oberschale. Silurisches System.

Formen und einer Unzahl von Individuen, um während der ganzen paläozoischen Zeit hauptsächlich die Classe zu repräsentiren und dann gänzlich zu verschwinden, nachdem sie schon in den Kohlengebilden bedeutend abgenommen haben. Wenn aber neueste Untersuchungen schon wieder zweifelhaft machen, ob die Trilobiten wirklich dem Stamme der Phyllopoden angehören, indem man bei einem Exemplare gegliederte Füsse beobachtet haben will, so sind andererseits die Verwandtschaften von *Hymenocaris* (Fig. 1417), der schon in der Primordial-

fauna vorkommt, und der silurischen Gattungen *Ceratiocaris*, *Peltocaris* etc. durchaus noch nicht festgestellt. Sie scheinen neben Charakteren von Phyllopoden auch solche von Zoëa zu besitzen. Ebenso geht es

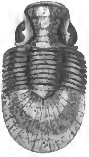
Fig. 1415.



Arges armatus.

Devonisches System.

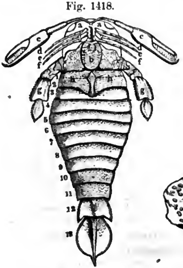
Fig. 1416.



Brontes flabellifer.

mit den gigantischen Krebsgattungen *Eurypterus*, *Pterygotus*, Fig. 1418, bei welchen Charaktere von *Limulus*, von Scorpionen etc. zusammen angetroffen werden und die sich in dem obersilurischen und devonischen Systeme finden. Zu ihnen gesellen sich schon in dem obersilurischen Systeme die Schalenflöhe oder Cypriden (Fig. 1419), welche in der

Fig. 1418.



Restauration von *Pterygotus anglicus* von der Bauchseite.
a Augen. *b* Metastom (Unterlippenplatte). *c* Scheerenfühler. *d e f* Kiefertaster. *g* Schwimmfüsse. *h* Genitalplatten. 1 bis 13 Körperringe.

Fig. 1417.



Hymenocaris vermicauda.
Primordialfauna.

Fig. 1419.



Cypridinenschiefer von Weilburg.

Kohle häufiger sind und weiter fast in allen Schichtensystemen (Fig. 1420) sich finden. In der Kohle und dem untern Dyas treten dann noch hinzu die

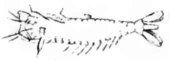
Fig. 1420.



Cythere auriculata.
Von der Seite, von vorn und von unten.

eigentlichen Blattfüsser oder Phyllopoden, die Amphipoden (Fig. 1421) und die Pfeilschwänzer oder Molukkenkrebse (Limuliden, Fig. 1422). Hierauf beschränkt sich die ganze Krustenthierbevölkerung der paläozoischen Gebilde, und wie man sieht, gehört diese mit Ausnahme der

Fig. 1421.



Gampsonyx fimbritus.
Im Eisensteine von Lebach bei Saarbrück.

Fig. 1422.



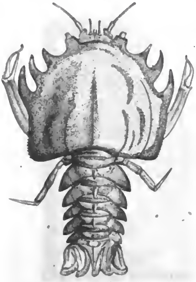
Bellinurus (Limulus) rotundatus.
Steinkohlensystem.

noch zweifelhaften Molukkenkrebse, von welchen man nicht wohl weiss, wohin sie stellen, und der höher gestellten Amphipoden, der Unterclasse der Hautkrebse, dem niedrigsten Typus der Krebse überhaupt an. Die höheren Gestalten der Stielaugen (*Podophthalma*) treten erst in dem Muschelkalke auf, aber nur mit Langschwänzern (Fig. 1423), mit eigentlichen Krebsen der niedern Form, während die höheren Typen der Mundfüsser (*Stomopoda*), der Halbschwänzer (Fig. 1424) und der Krabben oder Kurzschwänzer (Fig. 1425), letztere in der Kreide, erstere in den Tertiärgebilden, erscheinen. Die letzte höchste Abtheilung der Krustenthiere, die Sitzaugen (*Edriophthalma*), wird, zuerst durch die Amphipoden der Dyas, dann durch die Wasserasseln im Jura, durch die Flohkrebse und die Landasseln in den höheren Tertiärschichten und in der Jetztwelt vervollständigt.

§. 1515. Wir haben oben gesehen, dass die Larvenform fast sämmtlicher niederen Krustenthiere, die in den Erdschichten bis zur Trias vorkommen, eine und dieselbe ist, und dass alle diese verschiedenen Ordnungen nebst den Cirrhipeden, welche erst in der Kreide beginnen, nur

mehr oder minder abnorme Ausbildungen dieses gemeinschaftlichen Larventypus seien. Wenn wir nun sehen, dass dieser Urtypus der

Fig. 1423.



Eryon arctiformis.
Aus den Solenhofener Schiefern.

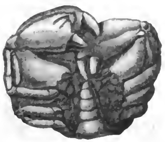
Fig. 1424.



Hela speciosa.
Aus den Subapenninen.

niederen Crustaceen allein und unumschränkt in den älteren Schichten herrscht, dass sich ihm dann die Langschwänzer zugesellen, durch deren Form hindurch die Larven der Kurzschwänzer ihre Metamorphose bewerkstelligen, und wenn wir endlich als letzten Zielpunkt die am höchsten stehende Unterclasse der Sitzangen und die Tausendfüsser mit ihren rein luftathmenden Respirationsorganen sehen, so ergiebt sich daraus gewiss in der Classe der Krustenthiere eine paläontologische Entwickelung durchaus analog derjenigen, welche wir in der embryologischen Ausbildung der verschiedenen Krustenthiertypen sehen.

Fig. 1425.

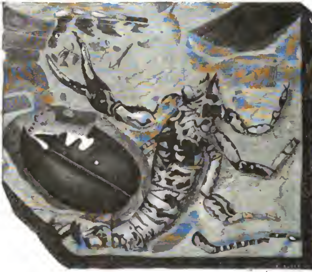


Cancer macrocheilus.
Aus den Subapenninen.

Von den Spinnenthieren (*Arachnida*) lässt sich nur wenig sagen. §. 1516.
Die ersten Scorpione finden sich in der Steinkohle (Fig. 1426 a. f. S.),

die ersten eigentlichen Spinnen im Jura. Ob *Xylobius*, den man in Neuschottland in der Kohle gefunden, wirklich ein Myriapode war, lassen wir dahin gestellt.

Fig. 1426.



Cyclophthalmus Bucklandi.

Von Chomle in Böhmen. Daneben die Flügeldecken eines Käfers.

§. 1517. Das grosse Heer der **Insecten** zerfällt zunächst in zwei Hauptabtheilungen, die Insecten mit unvollkommener Verwandlung oder Ametabolen, und die Insecten mit vollkommener Verwandlung oder Metabolen, bei welchen eine ruhende Puppe vorhanden ist und sodann, nach den Mundtheilen, in kauende und saugende. Letztere Reihe steht ohne Zweifel höher, wie schon aus dem Umstande hervorgeht, dass die Ametabolen zum Theil flügellose Formen darstellen, welche den Larven der Metabolen entsprechen. Die ersten Insecten erscheinen in der Kohle in grösster Seltenheit und gehören alle den Formen mit kauenden Mundtheilen, nämlich den Gradflüglern (*Orthoptera*) und zwar speciell den Familien der Heuschrecken und der Schaben, den Netzflüglern mit unvollkommener Metamorphose, die man jetzt auch Urflügler (*Archiptera*) genannt hat und wozu die Eintagsfliegen und Libellen gehören, und den Käfern an. Es kommen manche Formen vor, welche Uebergangsbildungen zwischen jetzt scharf geschiedenen Familien und Ordnungen darstellen, so Dictyophlebion in der Steinkohle zwischen Libellen und Sialiden, und Eugereon im permischen Systeme zwischen Neuropteren und Hemipteren. In dem Jura spielen die Insecten mit

unvollkommener Verwandlung, die Heuschrecken, Libellen (Fig. 1427) und Termiten, die Hauptrolle, und zu ihnen gesellen sich noch eine ganze Menge von Schnabelkerfen (*Hemiptera*), welche ebenfalls Ametabolen sind, aber stechende Mundtheile besitzen. Die Insecten mit vollkommener Verwandlung beginnen erst im Jura, zeigen ausser Käfern noch Hautflügler, namentlich Ameisen, und Zweigflügler oder Dipteren, die alle drei Modificationen der Mundtheile darstellen, indem die Käfer rein kauende, die Hautflügler grossentheils kauende und die Fliegen saugende Mundtheile besitzen. Aber auch hier muss festgehalten werden, dass gerade unter den Hautflüglern diejenigen Familien, bei denen das Kauen am stärksten vorwiegt, die Ameisen, allein und wenig zahlreich vertreten sind. So fand Heer im Lias der Schambelen sieben Arten Orthopteren, 3 Schaben, 3 Heuschrecken und 1 Ohrwurm; 7 Neuropteren, nämlich 6 Termiten und 1 Libelle; 116 Käfer verschiedener Familien; nur eine und noch obenein zweifelhafte Ameise; 12 Schnabelkerfe, darunter 9 Wanzen und 3 Cicaden. Erst in der Tertiärzeit erscheinen die Schmetterlinge mit saugenden und die Bienen mit wesentlich leckenden Mundtheilen zuerst, wenn auch mit wenigen Arten. In der grossen Ordnung der Käfer lässt sich speciell nachweisen, dass diejenigen Familien, die durch ihren Larventypus die niedrigste Stelle einnehmen, wie die Rüssel-, Bock- und Prachtkäfer, zuerst erscheinen und im Ganzen in den älteren Schichten vorwiegen.

Fig. 1427.



Libelle von Solenhofen.

§. 1518. Betrachten wir diese Entwickelungsweise der Insecten im Ganzen, so zeigt sich die durchgreifende Erscheinung, dass die Ordnungen mit kauenden Mundtheilen denjenigen mit saugenden Mundtheilen vorangehen, indem die Schnabelkerfe später als die Geradflügler, die Schmetterlinge und Bienen später als die Käfer erscheinen. Die Ordnung der Fliegen, die ebenfalls nur saugende Mundtheile besitzen, tritt zwar mit den Käfern zu gleicher Zeit auf, nimmt aber die niedrigste Stelle unter den Metabolen hinsichtlich ihres so ausserordentlich unvoll-

kommenen Larvenzustandes ein. In den entomologischen Systemen findet man nun meistens die Insecten mit kauenden Mundtheilen an die Spitze, diejenigen mit saugenden auf den tiefsten Rang der Insecten gestellt. Betrachtet man aber die Entwickelung der Insecten, so findet man gerade im Gegentheile, dass alle Larven und larvenähnlichen Formen nur kauende Mundtheile besitzen und dass diejenigen Insecten, welche im vollkommenen Zustande rein saugende Mundtheile haben, wie die Schmetterlinge, Larvenzustände durchlaufen, in welchen sie rein kauende besitzen. Die allmälige Umwandlung dieser kauenden Mundtheile in saugende ist Schritt für Schritt nachgewiesen und wiederholt sich gewissermaassen in der paläontologischen Entwickelung, in welcher ebenfalls die saugenden Mundtheile den kauenden nachstehen.

§. 1519. Die Wirbelthiere bilden den letzten grossen Kreis des Thierreiches, welcher einen ganz eigenthümlichen Organisationstypus besitzt, der mit denjenigen der vorhergehenden, wenn man nur die Structur der vollendeten Thiere betrachtet, in durchaus keiner Beziehung steht.

Die Existenz eines innern Skelettes, das in seiner ursprünglichen Form als cylindrische Axe auftritt, um welche herum sich die verschiedenen Organe symmetrisch zu beiden Seiten einer senkrechten Längsebene ablagern, bildet den wesentlichen Charakter dieses Kreises, welcher in seiner höchsten Form sich bis zu dem Menschen erhebt. Die Ausbildung der Wirbel tritt erst secundär um die erwähnte ursprüngliche Axe des Skelettes auf, dient indess bei den höheren Formen als allgemeiner Grundcharakter.

Betrachten wir das Reich der Wirbelthiere in seiner Gesammtheit, so stellt sich darin unzweifelhaft ein gemeinsamer Stamm dar, welcher nach verschiedenen Richtungen hin ausgebildet wurde und neueren Untersuchungen zufolge vielleicht in der Classe der Mantelthiere (*Tunicata*) wurzelt, indem die embryonale Ausbildung dieser beiden sonst so verschiedenen Typen gewisse merkwürdige Aehnlichkeiten zeigt. Die Ausbildung von diesem Grundstamme aus findet aber nach sehr verschiedenen Richtungen hin Statt, weshalb man auch sehr verschiedenwerthige Unterscheidungen zu machen hat.

§. 1520. Die Fische bieten ohne Zweifel den Ausgangspunkt des ganzen Wirbelthierreiches und die unvollkommenste Organisation in jeder Hinsicht dar. Ihnen allein gehören Thiere an, bei welchen das Skelett noch auf sein Urrudiment, die einfache cylindrische Axe, beschränkt ist, und die höchste Bildung, bis zu welcher sie sich aufschwingen können, gestattet keine anderen Respirationsorgane als Kiemen, welche im Verhältnisse zu den Lungen stets einen sehr niederen Typus der Organisation kundthun.

Die unvollkommenste Organisation bieten die Gruppen der Lanzettfischchen (*Leptocardia* oder *Amphioxida*) und der Rundmäuler oder Cyclostomen dar. Bei allen diesen Fischen zeigt sich das Skelett in der Urform eines knorpeligen Gallertcylinders, der Chorda, welche die Axe des Körpers einnimmt und von einer Faserscheide umschlossen ist, welche sich nach oben hin in eine Röhre fortsetzt, die das Rückenmark und Gehirn umhüllt. Bei dem Lanzettfischchen existirt die Chorda ganz allein, während bei den anderen auf dem faserigen Umhüllungsrohre des Rückenmarkes sich getrennte Knorpelstücke entwickeln, die den oberen Wirbelfortsätzen entsprechen. Bei diesen letzteren, zu welchen die Lampreten oder Nennangen gehören, ist zugleich ein eigenthümliches Kopfskelett entwickelt, welches aus einer halb faserigen, halb knorpeligen Umhüllungskapsel des Gehirnes besteht, die auf einer knorpeligen Schädelbasis ruht, ohne mit dieser letztern in engerm Zusammenhange zu stehen. Zu dieser unvollkommenen Form des Skelettes gesellt sich noch eine Reihe anderer Charaktere. Wirkliche Kinnladen fehlen, das Maul bildet meistens eine trichterförmige, von Knorpeln unterstützte Höhle, welche an der Bauchfläche mehr oder minder weit hinter dem Vorderende des Körpers zurückliegt. Statt doppelter Nasengruben existirt nur ein einfaches Nasenrohr. Statt mehrerer unpaarer Flossen, wie sie die meisten Fische besitzen, zieht sich meist eine einzige zusammenhängende Randflosse um den ganzen hintern Theil des Körpers herum. Bei der niedrigsten Form bildet die Flosse einen einzigen zusammenhängenden Saum, welcher im Nacken beginnt, sich um das Schwanzende herumzieht und auf der Bauchfläche sogar über den After hinaus nach vorn sich erstreckt. Bei den Lampreten zeigt die Flosse schon unvollkommene Eintheilung in Rücken-, After- und Schwanzflosse, während alle paarigen Flossen, nämlich die Brust- und Bauchflossen, bei diesem niedern Organisationstypus der Fische fehlen. Man hat auf diese Gründe der Organisation gestützt, neulich (Häckel) Lanzettfischchen und Cyclostomen von den Fischen als besondere Classen getrennt. §. 1521.

Von den Cyclostomen aus zeigen sich einige Gruppen fortschreitender Entwickelung in den Fischen, welche zu verschiedenen Endpunkten führen. Bei der einen dieser Gruppen, den höheren Knorpelfischen oder Plagiostomen, bleibt das Skelett stets auf einer niedern Stufe der Vollkommenheit im knorpeligen Zustande, während die inneren Weichtheile sich zu einem solchen Grade der Vollkommenheit ausbilden, dass sie dadurch an den Typus der Reptilien sich anschliessen. Das Skelett besteht aus einer mehr oder minder vollkommen in Wirbel abgetheilten Säule. Die Wirbel, welche sich um die ursprüngliche Chorda gebildet haben, sind knorpelig und stellen biconcave Scheiben dar, eine Form, die sich auch in den knöchernen Wir- §. 1522.

beln der übrigen Fische erhält. Diese Wirbelkörper besitzen Fortsätze, welche sich einerseits als Rückenfortsätze im Spitzbogen um das Rückenmark krümmen, andererseits nach der Bauchfläche hin die Eingeweide zu umfassen streben. Das Gehirn ist von einer einzigen ungetheilten Knorpelkapsel umhüllt, an welcher die knorpeligen Kinnladen und Kiemenbögen aufgehängt sind. Das Maul befindet sich immer auf der Unterfläche des Körpers, ziemlich weit hinter dem Vorderende der Schnauze und ist mit Zähnen sehr verschiedener Form bewaffnet, Fig. 1428 bis 1432. Die paarigen Flossen sind stets ent-

Fig. 1428.



Lamna Hopei.
Aus dem Londonthone.
a Von vorn. *b* Von der Seite.

Fig. 1429.



Otodus obliquus.
Aus dem Grobkalke.

Fig. 1430.



Oxyrhina xiphodon.
Aus den Faluns.

Fig. 1431.



Myliobatus punctatus.
Aus dem Londonthone.

Fig. 1432.



Cochliodus contortus. Aus dem Kohlenkalk von Bristol.
Eine ganze Kinnlade.

wickelt, die unpaarigen durch Flossenstrahlen gestützt, welche meist nur eine hornige Natur haben. In einigen Fällen finden sich indessen am Anfange der Flossen grosse, aus Zahnsubstanz bestehende Stacheln, Fig. 1433 und 1434, die somit nebst den Zähnen meist die einzigen Theile sind, welche bei der Versteinerung zurückbleiben. Das hintere Ende der Wirbelsäule biegt sich bei den meisten Plagiostomen nach oben und setzt sich bis in die Spitze des Schwanzes fort, so dass die

Schwanzflosse an der untern Fläche dieses aufgebogenen Stückes befestigt ist. Man hat die Fische, welche diese Eigenthümlichkeit der Bildung der Schwanzflosse zeigen, als Heterocerke bezeichnet. Die

Fig. 1433.



Tristychius arcuatus. Von Glasgow.

Haut der Plagiostomen zeigt nie Schuppen, sondern eigenthümliche Stacheln, die unregelmässig vertheilt sind und meistens aus Zahnsubstanz bestehen. Das gänzliche Fehlen wahrer Knochensubstanz, so-

Fig. 1434.



Hybodusstachel. Aus dem Néocomien.

wohl in dem innern als in dem äussern Skelette, scheint somit ein wesentlicher Charakter der Plagiostomen zu sein, die man als einen ursprünglichen Zweig betrachten kann, der sich selbständig weiter entwickelt hat.

Eine zweite Reihe fortschreitender Entwickelung bei den Fischen §. 1523.
zeichnet sich durch reichliche Entwickelung des Knochengewebes, namentlich in der äussern Bedeckung aus, während die inneren Organe auf einer niedern Stufe der Organisation bleiben, als dies bei den Plagiostomen der Fall war. Man kann diese Fische, welchen man den gemeinsamen Namen der Ganoiden beilegt, in drei verschiedene Gruppen zerlegen. Eine erste Gruppe bilden unter den Ganoiden die mit Knochenplatten gepanzerten Fische, Fig. 1435, welche

Fig. 1435.



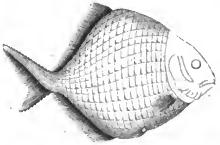
Pterichthys cornutus. Aus dem Devonien von Schottland.

in der jetzigen Welt hauptsächlich durch die Störe vertreten sind. Grosse Knochenplatten, mehr oder minder zusammenhängend, decken die äussere Haut, während das innere Skelett anfangs noch knorpelig

bleibt und namentlich bei den Stören eine Chorda zeigt, die mit einer knorpeligen Schädelkapsel in Verbindung steht, um welche herum sich einzelne knöcherne Deckplatten entwickeln. Die Fortsätze der Wirbel, welche das Rückenmark beschützen, verknöchern zuerst. Nach und nach entwickeln sich auch knöcherne Wirbel und bei fortschreitender Ausbildung des innern Knochenskelettes tritt sowohl die knorpelige Grundlage desselben, als auch die äussere Knochenbepanzerung mehr und mehr in den Hintergrund. Das Maul steht bei den unentwickelteren Formen dieser Gruppe an der untern Fläche des Kopfes, oft in ziemlich weiter Entfernung von dem Schnauzenende, rückt aber allmälig gegen das vordere Ende desselben vor. Die Schwanzflosse ist bei den unentwickelteren Formen heterocerk, verliert aber diese Eigenthümlichkeit allmälig, um symmetrisch zu werden und die homocerke Form, welche den meisten übrigen Fischen zukommt, anzunehmen.

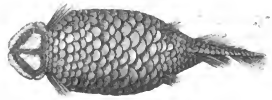
§. 1524. Zwei andere Gruppen, welche sich durch die bedeutende Entwickelung von Knochensubstanz in der äussern Haut auszeichnen, sind nur durch sparsame Geschlechter in der Jetztwelt repräsentirt. Die einen haben rhomboidale Knochenschuppen, Fig. 1436, welche meist durch gelenkartige Fortsätze mit einander verbunden sind. Bei diesen Fischen, zu welchen die Knochenhechte des Nils und der nordamerikanischen Flüsse, die Geschlechter *Polypterus* und *Lepidosteus* gehören, erhebt sich das innere Skelett zu der höchsten Stufe der Vollkommenheit, indem bei einer Gattung die Wirbel schon durch wahre Gelenkköpfe wie bei den Reptilien mit einander verbunden sind. Die Eingeweide hingegen

Fig. 1436.



Platysomus gibbosus. Von Mansfeld.

Fig. 1437.

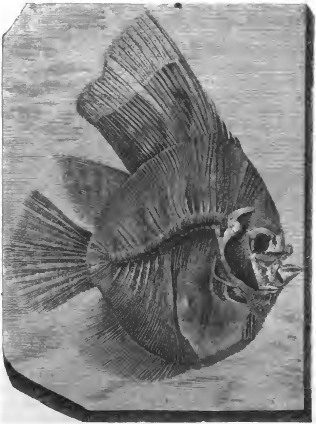


Holoptychius nobilissimus. Von der Bauchseite. Aus dem Devonien.

bleiben bei dieser Gruppe auf einer niedern Stufe der Vollkommenheit stehen. Die dritte Gruppe, ebenfalls nur sehr sparsam in der Jetztwelt durch eine Fischgattung (*Amia*), die namentlich in den süssen Gewässern Carolinas sich vorfindet, vertreten, zeigt abgerundete Knochenschuppen, Fig. 1437, welche wie diejenigen der meisten übrigen Fische dachziegelförmig übereinander gelagert sind. Wir werden in der Folge zeigen, dass diese beiden Gruppen hauptsächlich in den älteren Formationen häufig vorkommen.

Betrachten wir nun die noch übrige grosse Masse der Fische, so §. 1525.
sehen wir bei diesen im Allgemeinen eine Uebereinstimmung der Organisation, welche sie fast auf die gleiche Stufe der Entwickelung stellt. Bei allen diesen normalen Knochenfischen (*Teleostei*), Fig. 1438,

Fig. 1438.



Platax altissimus Vom Monte Bolca.

zeigt sich das knöcherne Skelett auf derselben Höhe der Ausbildung, und nur einige untergeordnete Charaktere, wie namentlich die Anordnung der Flossen, deuten auf eine niedere Organisationsstufe hin. Wir haben oben gesehen, dass bei den niedersten Cyclostomen die paarigen Flossen fehlen und eine unpaare Flosse um den ganzen hintern Theil des Leibes sich herumzieht. Bei einigen Knochenfischen wiederholt sich diese Bildung zum Theil, indem die Bauchflossen fehlen, die Brustflossen mehr oder minder verkümmern und eine einzige ungetheilte Flosse den Hintertheil des Leibes umgiebt. Ein zweiter Grund der Anordnung ist die Structur der Schwimmblase, welche bei den einen (Häringen, Lachse, Karpfen) mit dem Schlunde durch einen offenen Gang in Zusammenhang steht, während bei den anderen (Barschen, Schollen etc.) derselbe geschlossen ist. Die Schliessung ist offenbar eine später erworbene Anpassung, da die Schwimmblase als Ausstülpung des Schlundes entsteht; es ist aber bedeutungsvoll, dass die meisten Süsswasserfische den offenen Luftgang und somit auch die Möglichkeit einer weitern Fortbildung der Schwimmblase zur Lunge besitzen, während diese Ausbildung den meisten Seefischen verschlossen ist.

§. 1526. Diejenigen Fische, deren Entwickelung man bis jetzt hat verfolgen können, gehören alle zu jener grossen Gruppe der mit dachziegelförmig gelagerten Schuppen bedeckten normalen Knochenfische. Es bietet indess diese Entwickelungsgeschichte eine Menge von Vergleichungspunkten in der allmäligen Ausbildung des Skelettes, sowie der äussern Form, wodurch die Reihenfolge der Gruppen, wie wir sie oben aufgestellt haben, vollkommen gerechtfertigt erscheint. In der That gleicht das Skelett in der frühesten Zeit des Embryonallebens durchaus dem Typus der Cyclostomen. Ein cylindrischer Gallertstrang, eine Chorda, bildet die Axe des Körpers, und von seiner Scheide gehen häutige Fortsätze ab, welche Kapseln für Gehirn und Rückenmark bilden. Allmälig fangen die Wirbelkörper durch ihre Abschnitte sich zu zeichnen an, und namentlich verknöchern zuerst die Wirbelfortsätze, während die Wirbelkörper noch in knorpeligem Zustande verharren. Es zeigt sich also bei dem Embryo hinsichtlich der Entwickelung der Rückenwirbelsäule ganz dieselbe Art der Durchbildung, dieselbe Reihenfolge der Erscheinungen, welche wir in den abgehandelten Gruppen der jetzt lebenden Fische beobachteten.

Auch die Ausbildung des Kopfskelettes folgt durchaus denselben Normen. Anfangs existirt bei dem Embryo nur eine häutige ungetheilte Gehirnkapsel, die allmälig in ihrer Gesammtheit verknorpelt und auf einer eigenthümlich gespaltenen Schädelbasis ruht, welche in ihrer Form die grösste Aehnlichkeit mit derjenigen einer Lamprete oder eines Querders (*Ammocoetes*) hat. Die Verknöcherung geschieht in der Weise, dass einzelne Deckplatten sich auf der äussern Seite

der Schädelkapseln entwickeln und während ihrer allmäligen Ausbildung die knorpelige Grundlage zurückdrängen. Es zeigt sich also auch hier eine grosse Aehnlichkeit mit Bildungen, welche in den Fischgruppen bleibend dargestellt sind.

Die äussere Bildung des Kopfes zeigt mancherlei wesentliche Veränderungen. Selbst diejenigen Fische, welche in ihrem Alter eine lang vorgestreckte Schnauze besitzen, haben als Embryonen einen platten, stumpf abgerundeten, breiten Kopf, an dessen unterer Fläche das Maul sich befindet. Allmälig wandert dieses von hinten nach vorn gegen die Spitze der Schnauze hin, der Kopf selbst streckt sich, die Kiefer verlängern sich, und so wird nach und nach die spitzschnauzige Form des Erwachsenen herangebildet. Nicht minder wichtige Umänderungen zeigt die Bildung der Flossen und namentlich des Schwanzendes. Der Embryo besitzt im Anfang eine einzige unpaarige Flosse, welche im Nacken beginnt, sich um den Schwanz herum fortsetzt und über den After hin nach vorn bis über die Mitte des Bauches sich hinzieht. Die einzelnen Flossen, welche der erwachsene Fisch besitzt, werden dadurch gebildet, dass in den Zwischenräumen diese ursprüngliche Embryonalflosse schwindet und nur da Strahlen sich entwickeln, wo bleibende Flossen bestehen sollen.

Die Entwickelung der Schwanzflosse ist besonders dadurch eigenthümlich, dass zu einer gewissen Zeit das Ende der Chorda sich nach oben hin krümmt und die Strahlen der Schwanzflosse sich alle auf der untern oder Bauchfläche dieser Krümmung entwickeln. Der Embryo ist demnach stets in der frühern Zeit seines Lebens heterocerk, selbst bei denjenigen Fischen, welche eine durchaus regelmässige Schwanzflosse besitzen. Die homocerke Form bildet sich dadurch heran, dass das aufwärts gekrümmte Ende der Chorda allmälig verkümmert und sich zwei oder mehrere Platten bilden, auf welchen die Strahlen sich gleichmässig aufsetzen. Auf diese Weise wird der ursprüngliche Zustand der Schwanzflosse in einen normal symmetrischen übergeführt. Der Embryo durchläuft demnach hinsichtlich der Ausbildung des Skelettes sowie seiner äusseren Formen verschiedene Entwickelungsstufen, welche durchaus denjenigen analog sind, die wir in den verschiedenen Gruppen der Thiere kennen gelernt haben.

Die Fische beginnen mit den übrigen Repräsentanten der Strahlthiere, der Mollusken und der Gliederthiere in den ältesten Schichten, §. 1527.
und ziehen sich durch alle Formationen hindurch bis in die neueste Zeit hin fort. Sie sind in den silurischen Schichten die einzigen Repräsentanten der Wirbelthiere und werden zuerst im devonischen und Kohlensysteme von Amphibien, dann im permischen Systeme von Reptilien und zuletzt in der Trias im Jura und den Tertiärgebilden von Säugethieren gefolgt, ein Umstand, der schon auf die allmälige Entwickelung des Wirbelthiertypus im Allgemeinen hindeutet.

§. 1528. Die Knorpelfische mit querem Maul oder die Plagiostomen, bei welchen das innere Skelett stets auf einer niedern Stufe der Vollkommenheit bleibt, sowie auch Schwanzflosse und Stellung des Mundes stets einen embryonalen Charakter behaupten, sind zum ersten Male mit Sicherheit in den obersilurischen Schichten (Ludlow) durch Flossenstacheln (Onchus) und chagrinartige Eindrücke (Sphagodus) nachgewiesen. Es lässt sich in den bisher angeführten Momenten kein Grund finden, woraus eine allmälige höhere Ausbildung dieser Classe nachgewiesen werden könnte. Von den Cyclostomen oder den rundmäuligen Knorpelfischen kann hier keine Rede sein, da sie in den verschiedenen geologischen Formationen keine Reste hinterlassen haben, wie dies indessen aus der Beschaffenheit ihres Skelettes leicht erklärlich ist. Indess zeigen sich andere Umstände, welche auf eine allmälige Entwickelung der Formen bei den Plagiostomen hindeuten. In den älteren Schichten herrschen die Haifische vor, welche allgemein grosse heterocerke Schwanzflossen besitzen. Unter den Haifischen giebt es aber bis zum Beginne der Trias nur solche Formen, welche mit Rückenstacheln (Fig. 1439 und 1440) ausgestattet sind. Die Familie

Fig. 1439.



Tristychius arcuatus. Von Glasgow.

Fig. 1440.



Hybodusstachel. Aus dem Néocomien.

der Cestracionten (Fig. 1441 bis 1444), deren platte Mahlzähne

Fig. 1441.



Orodus cinctus. Von Bristol.

Fig. 1442.



Cochliodus contortus. Von Bristol.
Eine ganze Kinnlade.

mehr zum Zermalmen von Schalthieren bestimmt scheinen und auf einen wenig räuberischen Charakter hindeuten, beginnt einzig in den

Fig. 1443.



Strophodus longidens.
Aus dem untern Oolith.

Fig. 1444.



Acrodus nobilis.
Aus dem mittlern Lias.

Uebergangsgebilden und zeigt durch alle Schichten hindurch von der Steinkohle, vielleicht selbst vom devonischen Systeme an bis in die Kreide hinein (Fig. 1445) einen ausserordentlichen Reichthum an Geschlechtern und Arten. In der obern Kreide und der Tertiärzeit haben

Fig. 1445.

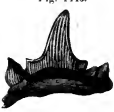


Zahn von *Ptychodus latissimus.* Aus der weissen Kreide.
a Von oben. *b* Von der Seite.

diese mit Mahlzähnen versehenen Haie nur sehr wenige Repräsentanten, und in der Jetztwelt sind sie sogar auf eine einzige Art beschränkt.

Eine Uebergangsform von diesen zu den echten Haien bieten die Hybodonten (Fig. 1446 u. 1447), die ebenfalls noch alle Stacheln tragen und kegelförmige Zähne besitzen. Sie zeigen sich zuerst in der Steinkohlenzeit, erreichen ihre höchste Ausbildung an Formen und Gestalten in der Trias und sterben mit dem Jura aus; wenigstens hat man bis jetzt von der Kreide an keine Repräsentanten dieser Sippe finden können.

Fig. 1446.



Cladodus marginatus.
Von Armagh.

Fig. 1447.



Zahn von *Hybodus plicatilis.*

Die echten Haie endlich (Fig. 1448 bis 1453) mit scharfen schneidenden Zähnen, welche ausschliesslich auf Raub von Fischen angewiesen sind, beginnen erst mit dem Zechsteine, und nehmen stets an Zahl und Mannigfaltigkeit zu, bis in die jetzige Schöpfung. Es zeigt

Fig. 1448.



Fig. 1449.



Otodus appendiculatus. *Corax pristodontus.*
Beide aus der weissen Kreide.

Fig. 1450.



Notidanus primigenius.
Aus der Mollasse.

Fig. 1451.



Carcharias productus.
Aus den Faluns.

sich also ein bestimmter Fortschritt unter den haifischartigen Formen von mehr schalenfressenden Arten zu solchen, welche auf räuberischere Lebensweise angewiesen sind. Die Rochen (Fig. 1454), welche durch

Fig. 1452.



a *b*

Lamna Hopei.
Aus dem Londonthone.
a von vorn. *b* von d. Seite.

Fig. 1453.



Oxyrhina xiphodon.
Aus den Faluns.

Fig. 1454.



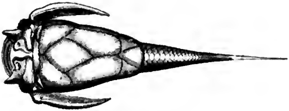
Myliobatus punctatus.
Aus dem Londonthone.

ihre plattgedrückte Form eine eigenthümliche abweichende Sippe bilden, und die seltsamen Chimären, in welchen indess die höchste Vollendung der Organisation, deren der Plagiostomen-Typus fähig ist, erreicht scheint, beginnen mit dem Lias und ziehen sich allmälig, ohne je an Zahl bedeutend zu werden, bis in die heutige Epoche fort.

§. 1529. Die Ganoiden, welche durch die Entwickelung des Knochengewebes auf der äussern Haut sich auszeichnen, sind zwar in dem obersilurischen Systeme durch einige Spuren angezeigt, aber erst in dem

Devon durch eigenthümliche Familien ihren drei Hauptrichtungen nach vertreten. Den gepanzerten Ganoiden gehört die Familie der Cephalaspiden (Fig. 1455 und 1456) an, welche durch ausserordentliche Entwickelung der äusseren Knochenplatten sich auszeichnen, während das innere Skelett auf durchaus embryonaler Stufe stehen bleibt.

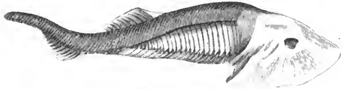
Fig. 1455.



Pterichthys cornutus.
Aus Schottland.

Bei den niederen Formen dieser Familie hat man noch keine Spur von Wirbeln entdeckt, bei den höheren zeigen sich nur verknöcherte Wirbelfortsätze, welche auf einer gallertartigen Chorda aufsassen. Ausser dieser embryonalen Form des Skelettes zeigen die den Cephalaspiden

Fig. 1456.



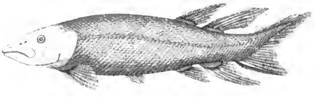
Cephalaspis Lyellii.
Devonisches System.

zugehörenden Fische noch eine embryonale Stellung des Mundes an der Bauchfläche des Kopfes, und eine heterocerke Schwanzflosse. Die Familie stirbt mit dem Ende der Uebergangsgebilde aus, allein die Organisationsrichtung, welche sie andeuten, bleibt nur bis zum Ende der Trias ohne Vertretung, wenigstens hat man bis jetzt in diesem Zwischenraume von der Steinkohle bis zu dem Jura keine Fischreste gefunden, welche sich mit Fug der Gruppe der gepanzerten Ganoiden zugesellen liessen. In dem Jura dagegen erscheinen Formen, welche den Stören beigezählt werden müssen, bei welchen ebenfalls inneres Skelett, Stellung des Mundes und der Schwanzflosse ihren embryonalen Charakter behalten. Hinsichtlich des numerischen Verhältnisses zeigt sich, dass die Cephalaspiden in der devonischen Zeit mehr als acht Zehntheile der Gesammtzahl der Fische ausmachen, indem sie an eini-

gen Lagerstätten so häufig sind, dass man ganze Wagenladungen voll davon wegführen könnte. Die Zahl der störartigen Fische in den jüngeren Schichten ist dagegen ziemlich gering, und es wird somit in dieser Gruppe der gepanzerten Ganoiden die embryonale Form, welche anfangs dominirte, allmälig durchaus in den Hintergrund gedrängt.

Die Gruppe der **Ganoiden mit rhomboidalen Schuppen** zeigt ebenfalls eigenthümliche, wennschon höher stehende Repräsentanten in den älteren Formationen. Die **Doppelflosser** (*Dipterida*, Fig. 1457), welche durchaus auf die Uebergangsgebilde beschränkt sind, zeigen

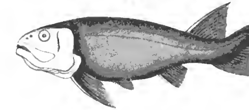
Fig. 1457.



Restauration von *Dipterus*.

zwar in der Ausbildung ihres Kopfskelettes und in der Stellung ihres Mundes eine ziemlich hohe Organisation; allein in dem Hintertheil ihres Körpers giebt sich die Hinneigung zur embryonalen Form auf das Deutlichste kund, indem zahlreich wiederholte Flossen ohne Zwischenräume an die unpaare embryonale Flosse erinnern und die Schwanzflosse heterocerke Stellung hat. Ebenso ist die Gruppe der **Kleinschupper** (*Acanthodida*, Fig. 1458) gänzlich auf die Uebergangsgebilde

Fig. 1458.

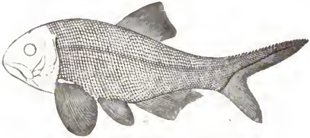


Restauration von *Acanthodes*.

beschränkt und zeigt, in ähnlicher Weise, einen völligen Mangel eines festen Wirbelsystemes und oft eine bedeutende Häufung der hinteren Flossen. In der Kohlenperiode beginnt die grosse Familie der **Einzeiler** (*Monosticha*, Fig. 1459), und zwar mit solchen Formen, welche, wie die **Paläonisciden** (Fig. 1460), eine heterocerke Schwanzflosse besitzen, während die **Dapediden** (Fig. 1461), oder die Einzeiler mit homocerker Schwanzflosse erst im Jura auftreten.

Als eine besonders eigenthümliche Gruppe stellen sich auch die mit breiten Mahlzähnen versehenen Pycnodonten (Fig. 1462 a. f. S.)

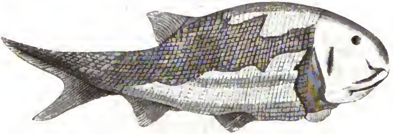
Fig. 1459.



Amblypterus macropterus. Restaurirt.

dar, bei welchen die Wirbelfortsätze so sehr auf Kosten der Wirbelkörper entwickelt sind.

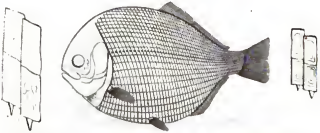
Fig. 1460.



Palaeoniscus Duvernoy. Von Münster-Appel bei Kreuznach.

Die Entwickelung des Skelettes lässt sich in dieser Gruppe bei diesen wie bei anderen Familien sehr vollständig verfolgen. Die Eckschupper der Steinkohlenzeit haben grösstentheils, die der Trias und des Lias hingegen nur ausnahmsweise eine gallertartige Chorda, auf §. 1530.

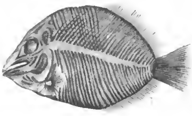
Fig. 1461.



Restauration von *Tetragonolepis.* Aus den mittleren Liasschiefern. Daneben einige Schuppen.

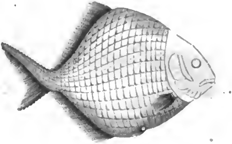
welcher verknöcherte Wirbelfortsätze aufsitzen, während in dem höhern Jura, der Kreide und der Tertiärzeit, sowie in einigen Repräsentanten der Jetztwelt die gewöhnliche Wirbelform mit Gelenkhöhlen in Gestalt von Doppelkegeln ausgebildet ist. Bei demjenigen Repräsentanten der Eckschupper in der heutigen Schöpfung, welcher die höchste Organisation in Betreff des Skelettes zeigt, die überhaupt bei Fischen realisirt ist, bei dem Lepidosteus oder Knochenhecht, zeigen sich Gelenkköpfe und Pfannen zur Verbindung der einzelnen Wirbel wie bei den Reptilien. Die Bildung des Kopfes zeigt ähnliche Verhältnisse

Fig. 1462.



Pycnodus rhombus.
Abdruck des ganzen Fisches. *Torre d'Orlando.*

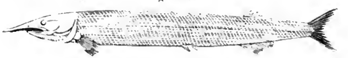
Fig. 1463.



Platysomus gibbosus.

der allmäligen Entwickelung. Zwar sind keine Eckschupper bekannt, bei welchen das Maul an der Bauchfläche des Kopfes stände; — dagegen zeigen sich erst von dem Jura an langschnäbelige Formen des Kopfes (Fig. 1464), die noch bis in die heutige Zeit sich fortziehen,

Fig. 1464.



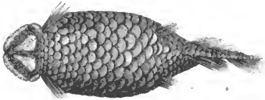
Restauration von *Aspidorhynchus.*

während vor dem Jura in den älteren Schichtengebilden nur Fische mit abgestutztem, breitem Kopfe vorkommen. Letztere Form geht aber, wie wir eben gesehen haben, in der embryonalen Entwickelung der Ausbildung spitz geschnäbelter Gestalten vor. Die Form der

Schwanzflosse endlich zeigt ebenfalls eine allmälige Entwickelung durch die Reihe der Formationen hindurch. Alle Eckschupper ohne Ausnahme, welche man bis jetzt in älteren Formationen vor dem Jura gefunden hat, sind heterocerk, selbst die Platysomen, die der sonst homocerken Familie der Pycnodonten nach ihrem Zahnbau angehören, und erst in den jurassischen Schichten beginnen homocerke Gestalten aufzutreten, welche in den oberen Juraschichten die Ueberhand gewinnen, ohne indess die heterocerken Formen gänzlich zu verdrängen, wie denn auch der eine Repräsentant der Eckschupper in der heutigen Schöpfung, der Knochenhecht Nordamerikas, eine heterocerke Schwanzflosse besitzt, während der andere Repräsentant, der Knochenhecht des Niles (*Polypterus*), homocerk ist.

Die dritte Gruppe der Ganoiden, welche den Namen der Rundschupper trägt und mit rundlichen dachziegelförmigen Schuppen bedeckt ist, beginnt ebenfalls mit eigenthümlichen Formen von gewaltiger Grösse in den devonischen Schichten, wo die Faltenschupper (*Holoptychida*, Fig. 1465), die wesentlichsten Raubfische der Gewässer gewesen zu sein scheinen. Sie setzen sich, wenn auch vielleicht mit §. 1531.

Fig. 1465.



Holoptychius nobilissimus. Von der Bauchseite.

Unterbrechung während der Tertiärzeit, bis in die heutige Epoche fort. Diese Gruppe, welche an numerischer Ausbildung stets weit hinter den Eckschuppern zurückbleibt, zeigt ebenfalls in den älteren Schichten nur Formen mit höchst unentwickeltem innern Skelett, und vor dem Jura durchaus nur heterocerke Schwanzflossen, während in der Kreide und der Jetztwelt die Repräsentanten der Gruppe homocerke Schwanzflossen tragen.

Betrachten wir nun die grosse Gruppe der regelmässigen Knochenfische (Fig. 1466 und 1467 a. f. S.), so zeigt sich das überraschende Resultat, dass dieselben erst mit dem höhern Jura beginnen, und dass keine Spur derselben bis jetzt in älteren Formationen aufgefunden wurde. Diese Gruppe der Fische also, deren Embryonen alle die Formen, die in den vorher erwähnten Gruppen zum Theil bleibend dargestellt sind, während ihres Lebens im Ei durchlaufen, treten erst in einer verhältnissmässig sehr späten Epoche der Erdgeschichte auf, §. 1532.

und zwar sogleich mit einer ziemlich grossen Menge von Formen, die verschiedenen Familien angehören. Die verhältnissmässig höhere oder

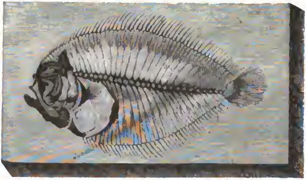
Fig. 1466.



Lebias cephalotes. Von Aix.

geringere Organisation in diesen Thieren nachzuweisen, bleibt vor der Hand noch eine Aufgabe, die ihrer Lösung harrt, zumal da aus dem Auftreten derselben sich keine bestimmteren Thatsachen ergeben.

Fig. 1467.



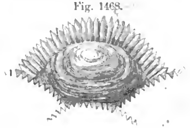
Rhombus minimus. Vom Monte Bolca.

Zwar finden sich in der Kreide hauptsächlich Formen, welche durch ihre grossen dicken Schuppen einige Annäherungen zu den Ganoiden zeigen, und namentlich die Familie der Percoiden ist in der Kreide nur durch eine kleine Sippe vertreten (Fig. 1468), deren Schuppen sich durch einen einfach gesägten Rand, der wie ein Kamm aussieht, wesentlich von denen der übrigen zahlreicheren Barscharten unterscheiden, bei welchen die Rauhigkeit des hintern Schuppenrandes durch

wirklich aufgesetzte Stücke erzeugt wird, die in vielfachen Reihen hinter einander stehen.

Betrachten wir die Entwickelung der Fische während der verschiedenen geologischen Epochen im Ganzen, so zeigt sich vor allen Dingen mit dem höhern Jura ein Hauptabschnitt in der Geschichte dieser Geschöpfe, indem mit dem Erscheinen dieser Formation zuerst die normalen Knochenfische auftreten. Der Eintritt der Nummulitenformation bringt den letzten Fortschritt, indem hier in Monte Bolca (Fig. 1469, 1470 u. 1471 a. S. 634 u. 635) und in Glaris (Fig. 1472 a. S. 635) eine Reihe merkwürdiger, südlichen Familien angehöriger Arten auftreten, welche in nächster Beziehung zu unseren jetzigen Faunen stehen. Ein anderer Abschnitt, obgleich weniger wichtig, zeigt sich mit dem Beginne

Fig. 1468.



Vergrösserte Schuppe von *Beryx microcephalus*. Aus der weissen Kreide.

Fig. 1469.



Aulostoma bolcense.

der jurassischen Epoche, in welcher zuerst Fische mit homocerker Schwanzflosse und schnabelartig ausgezogenem Kopfe sich vorfinden. Ein dritter Abschnitt endlich trennt die Uebergangsgebilde von den neueren Formationen; denn in den älteren Schichten kommen nur embryonale Formen vor, bei denen noch keine Wirbelsäule vorhanden ist, sondern nur eine gallertartige Chorda, auf welcher knöcherne Wirbelfortsätze stehen. Es zeigt sich somit im Ganzen der Classe, wie in den einzelnen Familien, ein entschiedener Fortschritt von embryonalen Formen zu höherer Ausbildung.

Die Classe der Amphibien, welche man nothwendig nach dem §. 1533. heutigen Zustande der Wissenschaft von den beschuppten Reptilien trennen muss, zeigt in ihrer Gesammtheit eine höchst merkwürdige Stufenfolge der Ausbildung, deren Uebereinstimmung mit der embryonalen Entwickelung so auffallend ist, dass man früher sogar die niederen Formen für unentwickelte Geschöpfe, für Larven ansah, welche sich später noch höher ausbilden würden.

Die niedrigste Organisation unter den bis jetzt gekannten Amphibien zeigen ohne Zweifel die Lurchfische (Lepidosiren und *Proto-*

pterus), jene merkwürdigen Zwitterthiere, über deren Stellung die Naturforscher noch heute nicht einig sind, indem die Einen sie zu den

Fig. 1470.

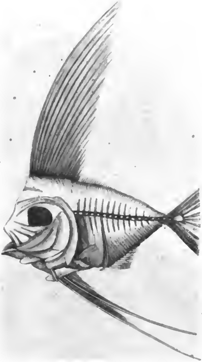


Platax altissimus. Vom Monte Bolca.

Fischen, die Anderen zu den Amphibien stellen möchten. Schon diese Ungewissheit zeigt, dass hier eine Vereinigung von Charakteren existirt, durch welche beide Classen mit einander vermittelt werden. Die durchgängige Bedeckung des Körpers mit grossen Schuppen, welche durchaus denjenigen der Fische gleichen, die Existenz einer unpaarigen, den ganzen Hintertheil des Körpers umfassenden Flosse, welche durch Knochenstrahlen gestützt ist, der Bau des Skelettes, das noch eine knorpelige, ungetheilte Chorda zeigt, auf welcher knöcherne Wirbelfortsätze befestigt sind; — alle diese Umstände, welche einer sehr niedern Organisationsstufe angehören, würden die Thiere unbedingt

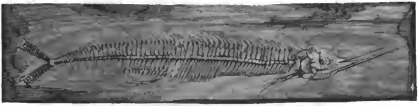
zu den Fischen stellen, während die Ausbildung von Lungen, von büschelförmigen Kiemen und Naslöchern, welche den Gaumen durchbohren und die Structur des Herzens sie den Amphibien beigesellen.

Fig. 1471.



Semiophorus velicans. Monte Bolca.

Fig. 1472.



Palaeorhynchum latum. Aus den Schiefern von Glaris.

Für uns sind sie die niedrigsten Amphibien, bei welchen das Skelett namentlich auf durchaus embryonaler Entwickelungsstufe stehen geblieben ist.

Die grosse Mehrzahl der Amphibien besitzt während der ganzen Zeit ihres Lebens eine nackte, schlüpfrige Haut, ohne Spur von Schuppen oder anderen härteren Theilen. Die unterste Gruppe wird von den fischartigen Amphibien, den Ichthyoden, gebildet (Fig. 1473),

Fig. 1473.



Platte mit einem Abdrucke von *Andrias Schenchzeri*. Kopf, Vorderfüsse und Rückenwirbelsäule sind erhalten. Von Oeningen.

welche bleibende Kiemen besitzen, zugleich aber auch durch Lungen athmen können. Die allmälige Zurückbildung der Kiemen, ihre successive Bedeckung durch die Haut, während sie anfangs bei den niederen Arten durchaus frei an der Oberfläche des Körpers hervorragen, bildet eine schöne Reihe allmäliger Ausbildung zur Lungenathmung und somit zu höherer Organisation. Das Skelett der fischartigen Amphibien steht noch insofern auf einer sehr niedern Stufe der Ausbildung, als die Wirbelkörper desselben nicht durch Gelenkköpfe und Pfannen mit einander verbunden sind, sondern vielmehr ganz Fischbildung zeigen und Doppelkegel bilden, deren Aushöhlungen mit einer zellartigen Masse, dem Ueberreste der ursprünglichen Chorda, erfüllt sind.

Diejenigen Amphibien, welche nur durch Lungen athmen, haben theils Schwänze, wie die Molche, theils sind sie schwanzlos, wie die gewöhnlichen Batrachier, zu welchen die Frösche und Kröten gehören. Auch in diesen Gruppen ist der Fortschritt zu höherer Ausbildung unverkennbar, indem die Molche mit langem Fischschwanze und unentwickelten Gliedern eine weit niedere Entwickelungsstufe behaupten, als die froschartigen Thiere, bei welchen zugleich das Skelett durchaus eine höhere Ausbildung zeigt und die Wirbelkörper namentlich überall durch Gelenkköpfe und Pfannen mit einander verbunden sind.

Eine abweichende Gruppe in der Classe der Amphibien bilden die Cäcilien oder Blindwühlen, welche wegen der schlangenartig gestreckten Form ihres Körpers früher wirklich den Schlangen beigesellt wurden. Auch bei diesen Thieren zeigt sich das Skelett auf einer sehr niedern Stufe der Ausbildung, indem die Wirbel noch gänzlich fischähnlich Doppelkegelbildung zeigen. Die Bewaffnung des Rachens mit doppelten Reihen scharfer eingekeilter Zähne ist durchaus eigenthümlich, und es zeigt sich diese in der jetzigen Schöpfung ziemlich unbedeutende Gruppe besonders deshalb von Interesse, weil sich in den älteren Schichten versteinerte Ueberreste finden, welche mit den Cäcilien einige Aehnlichkeit im Baue zeigen.

Die Classe der jetzigen Amphibien im Ganzen zeigt demnach nur §. 1534.
in den Blindwühlen und Lurchfischen einige unbedeutende Abweichungen von demjenigen Plane der Ausbildung, welcher der grossen Menge dieser Thiere zum Grunde liegt. Wir kennen die Entwickelung der froschartigen Amphibien sehr genau und wissen, dass die Larven, die sogenannten Kaulquappen, im Anfang einen langen, breit gedrückten Schwanz mit häutiger Flosse umsäumt besitzen und durch verästelte Kiemen athmen, welche auf beiden Seiten des Körpers in Büscheln hervorragen. Die äusseren Kiemen verschwinden allmälig und werden durch innere ersetzt, die unter der Haut verborgen liegen, bis sich nach und nach mit der Entwickelung der Lungen auch diese inneren Kiemen zurückbilden. Im bestimmten Verhältniss zu dieser Entwicke-

lung der Athemorgane steht auch diejenige des Skelettes. Die Kaulquappe hat im Anfange eine knorpelige Chorda, welche später durch Doppelkegelwirbel ersetzt wird, die erst zuletzt die eigenthümliche Bildung erhalten, welche sie bei den Fröschen besitzen. Schritt für Schritt folgt man der Verkümmerung des Schwanzes und der Ausbildung der Glieder, so dass auch hierin, wie in allen übrigen Charakteren, sich in den verschiedenen Entwickelungszuständen des Jungen eine vollkommene Parallele nachweisen lässt mit den Formgestaltungen, welche die einzelnen Gruppen der Amphibien zeigen.

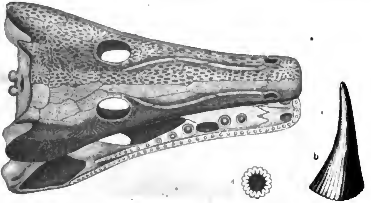
§. 1535. Anders gestaltet sich aber die Sache, wenn wir die fossilen Amphibien mit in Betracht ziehen. Vor allen Dingen zeigt sich hier die Unzulänglichkeit des paläontologischen Materials. Der Lepidosiren ist Fisch durch seine harten, einzig der Versteinerung zugänglichen Theile, Lurch durch seine weichen Organe. Fände man ihn nur fossil, so würde man ihn unbedenklich zu den Fischen stellen. Es können demnach eine Menge solcher Zwischenformen uns bekannt sein, ohne dass wir sie als solche erkennen, und es darf nicht Wunder nehmen, wenn viele Versteinerungen bald zu den Fischen, bald zu den Amphibien oder auch den höher gestellten Reptilien gezählt worden sind, je nachdem man secundäre Verwandtschaften entdeckte, die sie einem Typus näher brachten, über welchen kein Zweifel sein konnte.

Eine zweite Schwierigkeit besteht in der Entwickelung während der geologischen Perioden von Typen, die gänzlich ausgestorben und den jetzt lebenden Amphibien und Reptilien gegenüber so fremdartig sind, dass man bei der Unkenntniss der inneren Theile über ihre Verwandtschaften sehr im Zweifel sein kann. Hierher gehören einestheils die gepanzerten Wickelzähner (Labyrinthodonten), andererseits die nackten Seedrachen (*Enaliosauria*). Wenn man den einfachen Gelenkkopf des Hinterhauptes als durchgreifenden Charakter der Reptilien, den doppelten als Charakter der Amphibien ansieht (und für die fossilen giebt es kaum einen andern allgemeinen Charakter des Skeletts), so müssen die ersteren zu den Amphibien, die letzteren dagegen zu den Reptilien gezählt werden. Trotz neuerer Einsprache gegen diese Ansicht behalten wir dieselbe bei, indem wir der eigenthümlichen Bildung der Füsse nur einen untergeordneten Charakter zuerkennen, wobei wir nicht verkennen, dass manche Linien wieder zu den Ganoiden hinüberführen. Wenn man *Archegosaurus* und die ihm benachbarten Gattungen wegen seiner persistirenden Chorda und des daher kommenden Mangels von Gelenkköpfen am Hinterhaupte, sowie der Bedeckung der Temporalgruben durch die Panzerung des Schädeldaches als eine eigene Ordnung, *Ganocephala*, den übrigen Labyrinthodonten gegenüber stellen will, so haben wir nichts dagegen, müssen aber doch darauf aufmerksam machen, dass bei den Ganoiden

dieselbe aufsteigende Entwickelung des Skelettes nur zur Aufstellung von Familien geführt hat.

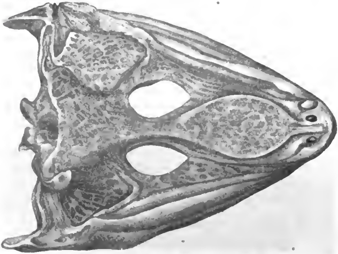
Wie dem auch sei, so begegnen wir, wenn wir die paläontologische Entwickeluug der Amphibien betrachten, zuerst deu gepanzerten Labyriuthodonten und zwar den eigentlicheu Ganocephalen in Nordamerika (Neuschottland) mit den Gattungen *Raniceps* und *Dendrerpeton* §. 1536.

Fig. 1474.



Kopf des *Archegosaurus Decheni* von oben, mehr als die Hälfte verkleinert. Man sieht den Unterkiefer halb. *a* Querdurchschnitt eines Fangzahnes. *b* Einzelner Fangzahn.

Fig. 1475.



Schädel von *Mastodonsaurus Jaegeri*. Aus dem Keuper.

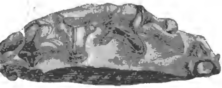
und den eigentlichen Labyrinthodonten mit *Baphetes* ebendaselbst. *Archegosaurus* ist in der untern Dyas der letzte Vertreter der Ganocephalen.

Die eigentlichen Labyrinthodonten aber entwickeln sich hauptsächlich in der Trias mit einer grossen Menge von Formen und stets zunehmender Faltung der Zähne, um dann gänzlich zu verschwinden, so dass gegen die Beziehung der jetzt lebenden Cäcilien zu ihnen wohl einige Zweifel erhoben werden dürften.

Die Typen der jetztlebenden Amphibien, sowohl geschwänzte wie ungeschwänzte, erscheinen erst in der Tertiärzeit, so dass während der ganzen Zeit des Jura und der Kreide bis jetzt wenigstens keine Spur gefunden worden ist.

§. 1537. In den heutigen **Reptilien** lassen sich zwei Hauptrichtungen der Organisation unterscheiden, welche gleichsam parallel mit einander sich ausbilden. In der einen dieser Reihen stehen die **beschuppten Reptilien**, die Schlangen und Eidechsen, ausgezeichnet durch die hornige Bedeckung ihres Körpers und durch die Entwickelung von Wirbeln (Fig. 1476), die durch Pfannen und Kugelgelenke mit einander

Fig. 1476.



Palaeophis toliapicus.
Einige Rückenwirbel einer Schlange aus dem Londonthone der Insel Sheppey.

verbunden sind. Im Allgemeinen wohl mögen die Schlangen und Eidechsen durchaus auf derselben Stufe der Organisation stehen, und es lassen sich auch in den untergeordneten Gruppen und Familien derselben keine oder nur sehr dürftige Momente nachweisen, welche eine aufsteigende Entwickelung erkennen liessen; vielmehr scheinen die Schlangen nur in Bezug auf ihre Extremitäten rückgebildete Eidechsen zu sein.

Die **gepanzerten Reptilien** unterscheiden sich von den vorhergehenden hauptsächlich durch die Entwickelung gewaltiger Knochenplatten in der äussern Haut, welche entweder getrennt bleiben, wie bei den Krokodilen (Fig. 1477), oder aber sich zu einem einzigen Panzer zusammenfügen, der zugleich mit der Rückenwirbelsäule und den abgeplatteten Rippen verwächst, wie bei den Schildkröten (Fig. 1478). Die Krokodile, welche durch ihre Gestalt den gewöhnlichen Eidechsen nahe stehen, unterscheiden sich dadurch von ihnen, dass ihre Zähne

stets in die Kiefer eingekeilt sind (Fig. 1479), während die meisten Eidechsen und alle Schlangen Zähne besitzen, die nur den Kiefern auf-

Fig. 1477.

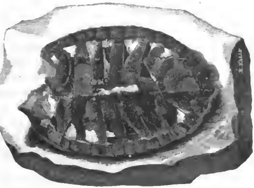


Mystriosaurus Tiedemanni. Aus dem Lias.

gesetzt, zuweilen auch mit ihnen verwachsen sind, ohne aber in besonderen Zahnhöhlen zu stecken.

Die Schildkröten und Krokodile bilden offenbar zwei sehr eigenthümliche Gruppen, welche neben einander stehen, sowie die Eidechsen

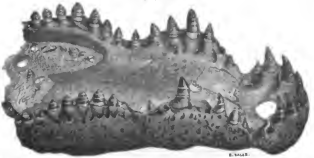
Fig. 1478.



Chelonia Benstedi. Aus dem Cénomanien.

und Schlangen. Auch bei ihnen stehen die sämmtlichen Organe so ziemlich auf derselben Stufe der Ausbildung, und die einzelnen Sippen und Familien, in welche der Zoologe diese Gruppen zertheilt, unter-

Fig. 1479.



Vorderer Theil des Oberkiefers eines Alligators. Von der Insel Wight.

scheiden sich mehr durch äussere Merkmale, als durch wesentliche Verschiedenheiten in der Organisation. Doch zeigen die Schildkröten auffallende Eigenthümlichkeiten, die einerseits an die Amphibien, andererseits an die Vögel erinnern, so dass sie eine ganz specielle Stellung einnehmen.

§. 1538. Die Resultate, welche die **Entwickelungsgeschichte** der Reptilien bis jetzt bietet, entbehren derjenigen Vergleichungspunkte, welche wir in anderen Classen der Thiere fanden. Wir wissen, dass der Entwickelungsgang im Allgemeinen sich durchaus von dem der Amphibien unterscheidet, und an denjenigen der Vögel und Säugethiere anschliesst. Die Embryonen der Reptilien besitzen, wie die der beiden genannten Classen, während einer gewissen Periode ihres Eilebens Kiemenspalten am Halse, welche durch Gefässbogen von einander getrennt sind, und wenn auch dadurch eine gewisse Analogie mit den Kiemenbogen der Fische und Kaulquappen hergestellt wird, so geht doch diese Ausbildung nie so weit, dass eine wirkliche Athmung durch Kiemen hergestellt würde. Es entwickeln sich auf diesen Kiemenbogen der Embryonen der höheren Thiere, der Reptilien, Vögel und Säugethiere, niemals Büschel, welche allein der respiratorischen Function vorstehen. Alle diese höheren Wirbelthiere bilden eine eigene Embryonalhülle, das Amniou; nur sie besitzen eine Schnecke im Ohre und Thränendrüsen, und nur bei ihnen knickt sich der Kopf des Embryos in besonderer Weise ein. Die Entwickelung des Skelettes durchläuft bei den Reptilien ganz dieselben Stadien der Entwickelung wie bei den bis jetzt abgehandelten Wirbelthieren, indem sich zuerst eine Chorda bildet, welche dann durch Doppelkegelwirbel und später erst durch eingelenkte Wirbel ersetzt wird, eine Ausbildung, die bei Betrachtung der fossilen Reptilien von Wichtigkeit wird. Die Ausbildung der Extremitäten könnte vielleicht einige Anhaltspunkte für die verschiedenen fossilen Thiere bieten. Die Extremitäten der Embryonen bieten in der That anfänglich die Gestalt von Flossen dar, in welchen die einzelnen Zehen noch nicht abgetrennt, die Handwurzelknochen scheinbar unregelmässig vertheilt und ohne nähere Berührung sind, während später die Zehen, die stets ursprünglich in der Fünfzahl vorkommen, sich von einander trennen und die Handwurzelknochen mit einander articuliren.

§. 1539. Wenn nun in der heutigen Schöpfung die beschuppten Amphibien noch eine ziemlich zusammenhängende Reihe darstellen, in welcher man einerseits das allmälige Schwinden der Extremitäten und die Ausbildung der Beweglichkeit des Unterkiefergerüstes, wodurch sich wesentlich die Schlangen von den Eidechsen unterscheiden, Schritt für Schritt verfolgen kann, so bilden schon Krokodile und Schildkröten zwei weit tiefer getrennte Gruppen. Betrachtet man aber das Heer der fossilen

Reptilien im Verhältniss zu den jetzt lebenden, so wird es klar, dass letztere nur Ausläufer von einer grossen Menge von Typen darstellen, die zum Theil sehr abweichende Organisation besitzen, zum Theil sich in die jetzigen Typen fortsetzen mögen.

Als erste abweichende und ganz isolirt stehende Gruppe treten uns die Seedrachen (*Enaliosauria*) entgegen. Der einfache Gelenkkopf am Hinterhaupte und die in der Nähe der Augen gelegenen Nasenöffnungen, die trotz des Aufenthaltes im Meere auf Luftathmung hinweisen, die Ausbildung von Bauchrippen und der Mangel jeglicher Andeutung von Kiemenbögen sind für uns noch zwingend für die Anreihung an die Reptilien. Gegenbaur hat neuerdings nachgewiesen, dass bei ihnen ursprünglich mehr als fünf Finger angelegt sind und glaubt daraus auf ein früheres Abzweigen vom Wirbelthierstamme schliessen zu müssen. Wenn man aber, wie jetzt allgemein, zwei Familien annimmt, von welchen die eine und zwar ältere, die Plesiosauren und ihre Verwandten, *Nothosaurus* u. s. w. einschliesst, die andere dagegen die eigentlichen Ichthyosauren, so zeigen sich die Verhältnisse in einem andern Lichte.

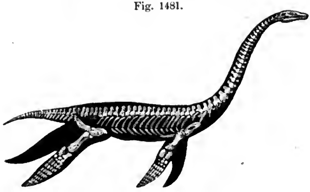
Die *Plesiosaurus* ähnlichen Seedrachen erscheinen in der untern Trias, im bunten Sandsteine, nehmen gegen den Muschelkalk hin zu und bilden dort noch einen besondern Seitenzweig von Gattungen mit

Fig. 1480.



Das ganze Skelett von *Ichthyosaurus communis*. Aus dem Lias.

Fig. 1481.

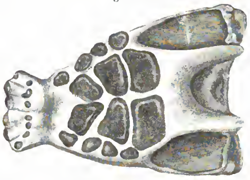


Restauration von *Plesiosaurus dolichodeirus*. Lias.

platten Mahlzähnen, wozu, wie ich mich jetzt überzeugt halte, auch die Gattung *Placodus* gehört, die noch im ersten Bande den Fischen zugezählt wurde.

Die höchste Entwickelung an verschiedenartigen Formen erreicht der Typus im Muschelkalke, seine höchste Entfaltung in deu Plesiosauren des Lias nnd stirbt in der untern Kreide, vielleicht auch erst mit Polyptychodon in der weissen Kreide aus.

Fig. 1482.



Ein ganzer Gaumen von *Placodus Andriani*. Aus dem Muschelkalke von Bamberg. Die Mahlzähne sind erhalten, die Schneidezähne ausgefallen.

Alle Gattnngen dieser Familie haben nur fünf Finger in der Flosse, aber dazu einzelne an der Ulnarseite gelegene Knochenstücke (als Rudimente eines sechsten Fingerstrahles). Es zeigt sich also, wie Gegenbaur selbst sich ausdrückt, das Skelett der Gliedmaassen von *Plesiosaurus* bezüglich der allgemeinen Verhältnisse seiner Constitntion in völliger Uebereinstimmung mit den Gliedmaassen der übrigen Wirbelthiere und hilft damit die verwandtschaftlichen Beziehnngen derselben fester begründen. Zweitens bietet es innerhalb dieser Uebereinstimmung Differenzirnngen eigenthümlicher Art, die ihm eine besondere Stelle auweisen, jede Fortsetzung in höhere Formen, soweit sie nnter den lebenden bekannt sind, ausschliessend.

Die Ichthyosauren dagegen, welchen sich keine näher verwandten Gattungen anschliessen, erscheinen erst in dem Lias und verschwinden in der untern Kreide. Sie haben sechs Fingerstrahlen und ihre Gliedmaassen zeigen Beziehungen zn denjenigen der Plagiostomen. Sie können als selbstständiger Zweig von den Nothosauren der Trias sich abgezweigt und die Tendenz zur Vermehrung der Fingerstrahlen und damit zur Verbreiterung der Flossen weiter ausgebildet haben. Die Hand der Ichthyosauren kann wohl von derjenigen der Plesiosauren, nicht aber die der letzteren von denen der ersteren abgeleitet werden, da, wie schon erwähnt, in der ganzen langen Zeitperiode der Trias nur

fünffingerige Seedrachen vorkommen. Es ist uns aber unmöglich, einzusehen, warum nicht eben so gut durch Anpassung ein Finger mehr gebildet, als einer weniger ausgebildet werden könne.

Eine andere durchaus abweicheude und in keine nähere Beziehung zu anderen Typen zu bringende Grnppe ist diejenige der Flugeidechsen (*Pterosauria*). Der Typus beginnt mit dem Lias und erreicht seine grösste Mannigfaltigkeit im obern Jura, namentlich in den Solenhofener Kalkschiefern. Im Wäldergebirge, im Grünsand und in der mittlern Kreide sind Knochen anfgefunden worden, welche auf gigantische Arten mit 18 bis 20 Fuss Flugweite würden schliessen lassen, während die besser bekannten jurassischen Arten höchstens 2 bis 3 Fuss Flugweite gehabt haben würden. Man hat indessen gegründete Zweifel gegeu diese Bestimmungen erhoben. Jedenfalls ist so viel sicher, dass zwar die Reptiliennatur dieser Thiere anerkannt ist, dass aber keine Form ans früheren Schichten dazn hinleitet nnd auch keine in späteren Schichten von ihnen abgeleitet werden kann. §. 1540.

Fig. 1483.



Restauration von *Pterodactylus crassirostris.*
Die schwarzen Flächen deuten die Erstreckung der weichen Theile an.

Weniger isolirt, allein immerhin noch eigenthümlich genug, stellen sich die Dinosaurier oder Lindwürmer hin, die Riesen der Landreptilien, die man ihrer massiven Formen und starken Glieder wegen mit den Dickhäutern unter den Sängethieren verglichen hat. Sie lassen sich vielleicht von den noch näher zn betrachtenden Thecodonten der Dyas und Trias ableiten, bei welchen eben so wohl verknöcherte Wirbel, marklose Extremitätenknochen und Schenkelbeine mit drei Rollhöckern vorkommen, beginnen aber erst in dem Lias nnd erreichen ihre höchste Entfaltung in dem Wäldergebirge, wo sich zu den fleisch- §. 1541.

fressenden auch noch ein pflanzenfressender Riese, *Iguanodon*, gesellt. Die letzten Spuren der Gruppe kommen im obern Grünsande vor.

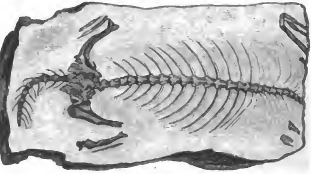
Fig. 1484.



Zahn von *Iguanodon Mantelli*.

§. 1542. Suchen wir nun nach dieser Ausscheidung der extremen Gruppen, die keine Nachkommenschaft hinterlassen zu haben scheinen, die Geschichte derjenigen Typen zu ergründen, welche sich vielleicht bis auf die Jetztwelt fortgesetzt haben, so tritt uns die Gruppe der **Thecodonten** entgegen, welche biconcave Wirbel, lange Rippen, von denen die vorderen zweiköpfig und Gehfüsse mit starken festen Knochen hatten. Die Zähne waren scharf, spitz, zusammengedrückt, mit schneidenden, fein gezähnelten Rändern. Sie erscheinen in der obern Dyas mit *Thecodontosaurus*, *Palaeosaurus*, *Proterosaurus* u. s. w., setzen sich durch die Trias einerseits mit riesigen Formen (*Belodon*), andererseits mit kleinen Eidechsen fort (*Telerpeton*, das neueren Untersuchungen

Fig. 1485.



Telerpeton Elginense.

zufolge aus dem bunten und nicht aus devonischem Sandsteine stammt) und hören als solche mit dem Lias auf.

§. 1543. Hier schliessen sich nun unmittelbar die Krokodile an, und zwar im Lias zuerst mit langschnäbeligen, dem heutigen Garial ähnlichen Formen (Fig. 1486), welche dadurch ebenfalls einen niedern Standpunkt der Organisation bethätigen, dass sie bei krokodilartiger Ausbildung des Kopfes und der Extremitäten noch fischartige Wirbel mit

Fig. 1486.

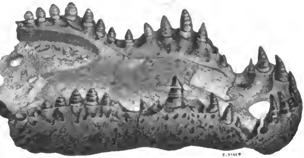


Mystriosaurus Tiedemanni. Aus dem Lias.

Doppelfacetten besitzen, welche einigermaassen denjenigen der Seeeidechsen gleichen. Man hat aus diesen Krokodilen mit embryonalen Wirbeln die Familie der Teleosaurier gebildet.

Im Oolith treten hierzu andere Krokodile, bei welchen die Wirbelkörper vorn gewölbt und hinten ausgehöhlt sind (*Cetiosaurus*, *Streptospondylus*), und erst in der obern Kreide Nordamerikas erscheinen Krokodile (Fig. 1487) mit Wirbeln, welche vorn mit einer concaven, hinten mit einer convexen Gelenkfläche versehen sind, wie dies auch bei

Fig. 1487.



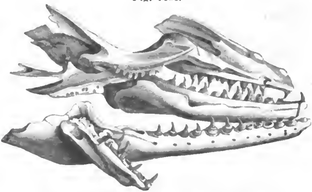
Vorderer Theil des Oberkiefers eines Alligators. Von der Insel Wight.

den jetzt lebenden der Fall ist. Es zeigt sich also in der ganzen Reihe der gepanzerten Eidechsen ein wohl charakterisirtes Streben nach Vervollkommnung, und zwar speciell im Bau der Wirbelsäule.

§. 1544. Wenn es mancher Punkte der Organisation wegen noch zweifelhaft sein könnte, ob die Krokodile von den Thecodonten abzuleiten seien, denen sie in der Zeit unmittelbar folgen, so ist bei der Ableitung der Eidechsen mit ihren vielfältigen heutigen Sippen nur der eine Umstand hinderlich, dass bis jetzt im Lias und untern Oolith

keine sicheren Spuren gefunden worden sind. Im Uebrigen ist der *Proterosaurus* aus den Kupferschiefern den heutigen Monitoren und Varanen ähnlich genug, um ihn mit diesen in Beziehung zu setzen. Nur hat Owen bewiesen, dass er mehr im Wasser lebte und mit seinem stärkern Kopfe und Nacken und den schärferen Zähnen wohl geeignet war, sich von Fischen zu nähren. Eigentliche Eidechsen immer noch vom Charakter der Varane beginnen im obern Jura und erreichen eine gigantische Grösse in dem *Mosasaurus*. Sie entfalten sich mit stets zahlreicheren Formen durch Kreide- und Tertiärgebilde hindurch bis in unsere Zeit.

Fig. 1488.

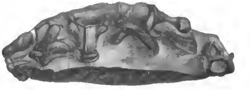


Mosasaurus Hofmanni. Aus der Mastrichter Kreide.

Stück vom Schädel, bestehend aus dem rechten Unterkiefer, der zahntragenden Hälfte des linken Unterkiefers und der fast vollständigen linken Oberkinnlade. Das vordere Ende des zerbrochenen rechten Oberkiefers liegt auf dem rechten Unterkiefer quer über.

§. 1545. In der Tertiärzeit sinken die Formen zu denjenigen Grössen herab, an welche wir aus unserer Schöpfungsepoche gewöhnt sind, und zugleich treten hier Repräsentanten einer andern Ordnung der beschuppten Reptilien, nämlich der schlangenartigen (Fig. 1489), in gleicher

Fig. 1489.



Palaeophis toliapicus.

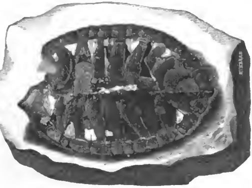
Einige Rückenwirbel einer Schlange aus dem Londonthone der Insel Sheppey.

Anzahl auf. Diese letzteren erreichen bekanntlich durch die ungemeine Ausbildung der Gelenke, welche die Wirbel verbinden, den höchsten

Typus, den die Wirbelsäule überhaupt bei den Reptilien erlangen kann, und es zeigt sich also in dieser Hinsicht ein unverkennbarer Fortschritt zu höherer Bildung, während andererseits die Verkümmerung der Gliedmaassen eine rückschreitende Anpassung darstellt, die aber in ihrer Abzweigung von den Eidechsen deutlich erkannt werden kann.

Von der zweiten Ordnung der gepanzerten Reptilien der Jetztzeit, §. 1546.
den Schildkröten (Fig. 1490), lässt sich nachweisen, dass dieselben in dem Jura mit solchen Arten beginnen, welche, wie die Meerschildkröten, noch unausgebildete flossenförmige Extremitäten besitzen, dass

Fig. 1490.



Chelonia Benstedi. Aus dem Cénomanien.

im obern Jura zu diesen Formen Fluss- und Sumpf- und später Landschildkröten hinzutreten, deren Fussbildung weiter entwickelt ist, und dass endlich die Mannigfaltigkeit der Formen stets bis auf die Jetztwelt zunimmt, während in der riesigen *Colossochelys* der Sivalikhügel, deren Schale 20 Fuss lang ist, die grössten Dimensionen erreicht werden. Offenbar entspricht aber dieser Durchgang von Meer- zu Landschildkröten, namentlich der Ausbildung der Füsse wegen, auch der Entwickelung der Embryonen in derselben Richtung.

Aller Wahrscheinlichkeit nach dürften die Schildkröten von den sonderbaren Schnabelreptilien (*Anomodontia*) abgeleitet werden können, deren Reste nur in der Trias, besonders Südafrikas, gefunden worden sind. Alle diese Reptilien haben noch biconcave Wirbel, aber Gehfüsse und höchst seltsame Schädelbildung. Die einen (*Oudenodon*) haben einen vollständigen Schildkrötenschnabel ohne Spur von Zähnen; die anderen (*Dicynodon, Ptychognathus*) zwei Fangzähne im Oberkiefer, die über den Unterkieferschnabel hinüber greifen, wie die Fangzähne des Walrosses; noch andere (*Galesaurus, Cynochampsa*) haben eine Bezahnung ähnlich einem fleischfressenden Säugethier, mit kleinen Schneidezähnen, übergreifenden Eckzähnen und schneidenden Back-

zähnen. Die beiden ersten Typen zeigen im Schädel grosse Verwandtschaft mit den Schildkröten, während eine andere, ebenfalls dieser Familie zugezählte Gattnng aus den Solenhofener Schiefern, *Compsognathus*, in ihren verlängerten Tarsen der Hinterbeine viele Beziehungen znr Bildnng der Vögel zeigt. Es scheint also, dass die Anomodonten eine Art Sammelgruppe darstellten, von welcher vielleicht nicht nur die Schildkröten, sondern auch die Vögel sich entwickelten, obgleich gegen die letztere Abstammung einstweilen noch der Umstand spricht, dass Vogelspuren schon in derselben Epoche des rothen Sandsteines vorkommen, in welcher die Anomodonten auftreten.

Aus dieser Betrachtnng der Gesammtclasse der Reptilien mag sich also ergeben, dass einerseits die Thecodonten, andererseits die Anomodonten es sind, welchen die bis in die Jetztwelt fortblühenden Zweige entstammt zu sein scheinen, während die übrigen fossilen Ordnungen sterile Zweige waren, die zu verschiedenen Zeiten theils von den Hauptästen, theils von dem Urstamme abgingen.

§. 1547. Von den Vögeln lässt sich im Ganzen nur wenig sagen. So mannigfach ihre äusseren Formen variiren, so einförmig ist ihre innere Organisation, die nnr insofern eine Anpassnngsverschiedenheit erkennen lässt, als die Straussvögel (*Ratitae* oder *Cursores*) durch den Verlust der Flugfähigkeit einige tiefere Modificationen im Bau, namentlich des Brustbeines, zeigen. Die in der Jetztzeit ausgestorbenen Moa's Neuseelands (*Dinornis*) und Dronten von Isle de France zeigen, dass diese Vögel, welche nur durch besondern Schutz im Kampf um das Leben ausdauern können, nach und nach gänzlich zu Grunde gehen werden. In der Entwickelung des Embryos zeigen sich namentlich zwei Verhältnisse, welche eine besondere Würdigung verdienen. Zuerst eine ungemein grosse und während geraumer Zeit im Embryonalleben anfrecht erhaltene Aehnlichkeit mit den Schildkröten, die auch durch die fortdauernde Zahnlosigkeit beider Typen das ganze Leben hindurch erhalten wird und einen bedeutsamen Fingerzeig auf die Abstammnng der Vögel giebt — freilich auch nicht mehr. Zweitens der Umstand, dass die so charakteristische Bildnng des knöchernen Schwanzgerüstes der Vögel, das sich durch einen anfrechten platten Endfortsatz und sehr kurze Wirbel auszeichnet, erst eine sehr spät erworbene ist, indem beim Embryo anfangs ein längerer, von zahlreichen länglichen Wirbeln gestützter Schwanz existirt.

Die paläontologische Entwickelnng der Classe ist nnr höchst fragmentarisch, da versteinerte Ueberreste von Vögeln nur selten vorkommen. Die ersten Spuren der Classe finden sich in dem bunten Sandsteine, in welchem man indess noch keine Knochen, sondern nur Fussstapfen (Fig. 1491 und 1492) hat entdecken können.

Wenn diese Abdrücke wirklich Vögeln, freilich zum Theil von

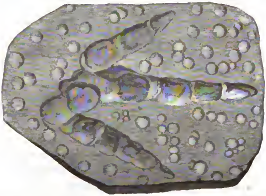
sehr besonderer Structur, angehören, und das Terrain, in welchem sie gefunden werden, in der That bunter Sandstein, also untere Trias ist (und an beiden Dingen lässt sich kaum zweifeln), so muss der Stamm, aus dem die Vögel sich entwickelten, nicht in den Anomodonten der Trias, sondern vor denselben gesucht werden, wovon sich freilich bis jetzt noch gar keine Anzeichen haben finden lassen.

Fig. 1491.



Eine Platte mit Schritten von Vögeln.

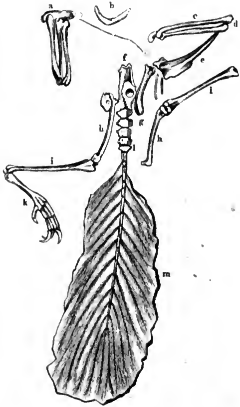
Fig. 1492.



Ein Fussabdruck von *Ornitichnites giganteus* mit sogenannten fossilen Regentropfen, d. h. rundlichen Eindrücken, die auf dem halbweichen Thone dadurch entstehen, dass das Wasser beim Ueberdecken desselben Luftblasen zurückhält, welche einen halbrunden Eindruck hinterlassen.

Die ersten wirklichen Vogelspuren haben sich im obern Jura von Solenhofen im ***Archaeopteryx*** gefunden, welcher einen mit Federn besetzten Embryonal- oder Reptilienschwanz besitzt und etwa die Grösse eines kleinen Raben gehabt haben mag.

Fig. 1493.



Archaeopteryx macrurus. Aus den Schiefern von Solenhofen.

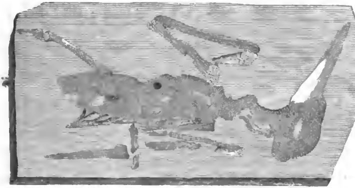
a Knochen des einen Flügels, zusammengelegt. *b* Gabelknochen. *c* Elle. *d* Speiche. *e* Oberarm des andern Flügels. *f* Beckenknochen mit dem Hüftgelenk. *g* Schulterknochen. *h* Oberschenkel. *i* Unterschenkel. *k* Fuss. *l* Schwanzwirbel. *m* Federn des Schwanzes.

Im Wäldergebirge fand man Knochen eines Schwimm- und eines Stelzvogels, in den Tertiärgebilden auch Repräsentanten der übrigen Gattungen.

§. 1548. Die Säugethiere, als die am höchsten gestellte Classe der Wirbelthiere, haben von jeher die mannigfaltigsten Discussionen über ihre

Gruppirung veranlasst, die aber um so weniger zu endlicher Schlichtung kommen konnten, als die vergleichende Entwickelungsgeschichte

Fig. 1494.



Platte mit einem Abdrucke, der dem Eisvogel (*Alcedo*) nahe kommt.

der Säugethiere in zoologischer Hinsicht noch durchans unbearbeitet ist, und die fossilen eine Menge von Zwischenformen darstellen, wodurch in der Jetztzeit wohl getrennte Ordnungen mit einander vereint werden.

Betrachtet man die Classe der Säugethiere im Ganzen, so stellt sich vor allen Dingen in derselben eine Abtheilung in zwei grosse Gruppen dar, deren eine die Beutelthiere und Monotremen, oder die Didelphen (Fig. 1495), die andere, weit zahlreichere, die übrigen Säugethiere, oder die Monodelphen, umfasst. Offenbar zeigt die erstere Gruppe eine niedere Organisationsstufe, welche namentlich in dem Umstande hervortritt, dass das Junge in einem äusserst unvollkommenen Zustande zur Welt kommt, innerhalb der Organe nicht mit der

Fig. 1495.



Unterkiefer von *Thylacotherium Prevosti*. Von Stonesfield.

Mutter durch einen, Ernährung und Athmung zugleich vermittelnden Mutterkuchen (*Placenta*) zusammenhängt, und erst ausserhalb des mütterlichen Leibes jene Reife erlangt, welche die übrigen Säugethier-Jungen schon bei ihrer Geburt besitzen. Das Gehirn ist bei dieser Abtheilung der Didelphen durchaus unvollkommener gebildet, als bei den übrigen Säugethieren, und somit die Unterordnung der Didelphen und Monotremen erwiesen.

Die Monotremen oder Cloakenthiere stellen offenbar die niederste und sogar eine so ausgezeichnete Gruppe dar, dass man berechtigt ist, sie als gleichwerthig den Beutelthieren und Monodelphen gegenüber

zn stellen. Sie haben zwar Milchdrüsen, aber keine Zitzen; die Kloake, welche bei Vögeln nnd Reptilien vorkommt, bei den übrigen Säugethieren nnr im Embryonalzustande vorübergehend existirt und einen gemeinschaftlichen Ansgangsweg für den Darm-, die Harn- und Geschlechtsorgane darstellt, bleibt bei ihnen während des ganzen Lebens, nnd die sonst überall bei allen Säugethieren getrennten Schlüsselbeine sind bei ihnen, wie bei den Vögeln, zu einem Gabelknochen zusammengewachsen. Die Zahnbildnng ist ausserdem nnr unvollkommen, denn nnr das Schnabelthier besitzt einige Backzähne, während die Echidna durchaus zahnlos ist.

Die Beutelthiere bilden eine jetzt zwar sehr reducirte, aber in der Vorwelt sehr zablreiche Gruppe, welche in dem Skelette sich ganz besonders dnrch einen eigenthümlichen, nach innen gedrehten, bakeuförmigen Fortsatz des Unterkieferwinkels nnd dnrch die auf der Symphyse der Backenknochen stebenden Beutelknochen anszeichnet — zwei in die innere Haut des Bauches eingelassene, meist bewegliche Knochen, welche offenbar die Bestimmnng haben, den Druck der Eingeweide von den im Bentel befindlichen Jungen abznhalten, sich aber anch bei den Männchen, wenn auch weniger entwickelt, finden. Zu den in der Jetztwelt ziemlich anerkannten Ordnungen der Springer (Kängnrnhs), der Wurzelfresser (*Phascolomys*), Früchtefresser (*Phalangista*), Insectenfresser (*Perameles*), Fleischfresser (*Thylacinus*) und Handbentler (*Didelphys*) kamen noch in älteren Schichten Zwischenformen, so dass den meisten Ordnungen der Monodelphen eine der Didelphen gegenüber steht — jedenfalls ein bedentsamer Fingerzeig für die Entwickelung der monodelphen Säugethiere.

§. 1549. Hält man das Princip, welches die Didelphen von den Monodelphen scheidet, nämlich die Existenz oder das Fehlen eines Mutterknchens, der den Austansch zwischen Mutter nnd Frncht vermittelt, insofern fest, dass man bei der Classification der Monodelphen das Hanptgewicht auf die Gestaltung der Placenta und der sie begleitenden Bildungen legt, so ergiebt sich Folgendes.

Die Placenta entwickelt sich aus Zotten, die anfangs anf der ganzen änssern Eihaut vertheilt stehen. Diese Zotten erhalten Gefässe, senken sich in das Gewebe des Uterus ein und vermitteln so den Austausch zwischen dem kreisenden Blute der Frucht nnd der Mutter.

Bei einer grossen Gruppe bleiben nun diese Zotten stets vereinzelt nnd zerstreut. Zwischen den Zotten und dem Uternsgewebe bildet sich zwar eine Art von Mittelschicht aus, die aber nur jeder einzelnen Zotte angehört nnd keine znsammenhängende Haut (*Decidua*) bildet. Hierher gehören die beiden Gruppen der eigentlichen Dickhänter, die Einhufer, Wiederkäuer, Wale und Zahuarme (Edentaten).

Bei der andern grossen Gruppe verschwinden die Zotten anf be-

stimmten Flächen des Eis, vereinigen sich aber auf andere zu einem schwammigen Gewebe, dem Mutterkuchen. Die Zwischenschicht wird dabei eine zusammenhängende Haut, die sogenannte hinfällige Haut oder Decidua.

Der Mutterkuchen hat aber zwei sehr bestimmt von einander verschiedene Formen. Bei den einen bildet er einen Gürtel um das Ei herum, so dass dessen beide Pole frei bleiben. Dieser Gruppe gehören die Robben und die Raubthiere, die Rüsselthiere (Elephanten) und die bisher zu den Dickhäutern gestellten Klippdasse (*Hyrax*) an.

Bei den anderen ist der Mutterkuchen wirklich kuchenförmig, eine schwammige Scheibe. Hierher gehören die Insectenfresser, Nagethiere, Fledermäuse, Halbaffen, Affen und Menschen.

Wenn so die Beziehungen des Eis zu den mütterlichen Organen das leitende Princip zu der Erkenntniss der grossen Gruppen der Säugethiere giebt, so sollte man folgerichtig auch die weiteren Eintheilungen in den Formgestaltungen des Embryos selbst suchen. Hier müssen wir aber gestehen, dass uns die Vorarbeiten fast noch gänzlich abgehen.

Die Entwickelungsgeschichte der Säugethiere bietet in den §. 1550.
verschiedenen Formen, welche der Embryo durchläuft, bis jetzt nur wenige Anhaltspunkte, denen zufolge man die einzelnen Gruppen der Säugethiere wirklich charakterisiren könnte. Im Allgemeinen befindet sich das Skelett der Säugethiere auf einer ziemlich gleichen Stufe der Ausbildung, und nur die Form der einzelnen Knochen lässt öfter Annäherungen zu Gestalten erkennen, welche namentlich bei den Reptilien normal ausgebildet sind. Am auffallendsten sind jedenfalls die Formveränderungen, welche die Extremitäten durchlaufen, sowie das Verhältniss, in welchem die einzelnen Abtheilungen der Extremitäten zu einander stehen. Schulter und Beckengürtel entwickeln sich zuerst, darauf die Hand oder der Fuss und nachher erst Oberarm und Oberschenkel, Unterarm und Unterschenkel. Die Extremität selbst ist anfänglich schaufel- oder flossenförmig, die einzelnen Finger ungetheilt, und durch Zwischensubstanz mit einander verbunden. So zeigt sich selbst bei dem menschlichen Embryo in früherer Zeit eine bestimmte Annäherung der Gliedmaassen zu der Flossenform, welche die Extremitäten der im Wasser lebenden Säugethiere auszeichnet.. Diese letzteren sind also offenbar stets die untersten Glieder der Reihen, zu welchen sie gehören, wie man denn überhaupt als ein allgemeines Gesetz hinstellen darf, dass die im Wasser lebenden Thiere einer Classe stets niedriger organisirt sind als Thiere derselben Classe, welche auf dem Lande zu leben bestimmt sind; wie es denn auch eine Menge von Thieren giebt, welche während ihres Embryonal- oder Larvenlebens das Wasser bewohnen, im ausgebildeten Zustande aber auf dem Lande leben.

Die ursprüngliche Anlage der Finger und Zehen geschieht stets in der Fünfzahl; eine geringere Zehenzahl ist also immer das Resultat einer erworbenen und fortgeerbten Anpassung, also einer weitern Ausbildung nach einer bestimmten Richtung hin.

Ausser den Gliedern sind es die Zähne, welche der jetzigen Classification wesentlich zu Grunde liegen. In Beziehung auf diese lässt sich aber vor der Hand nur ein bestimmtes Entwickelungsprincip formuliren; das Milchgebiss ist, wenn nicht die ganze Bezahnung, so doch der Rest der ursprünglichen Bezahnung und das definitive Gebiss eine ererbte Anpassung. Es wird demnach das Milchgebiss weit grössere Bedeutung für die Entzifferung der historischen Verwandtschaftsgrade haben als das definitive Gebiss.

§. 1551. Betrachten wir nun die Entwickelung der Säugethiergruppen im Laufe der Erdgeschichte, so treten uns die ältesten positiven Reste im Keuper Europas und Nordamerikas in den Gattungen Microlestes und Dromatherium entgegen. Von letzterm, in Nordcarolina gefundenen Thiere kennt man zwar einen fast vollständigen halben Unterkiefer, welchem aber die charakteristische Stelle des Hakenfortsatzes fehlt. Die Zähne gleichen unter den lebenden am meisten dem australischen Myrmecobius und den fossilen Gattungen Triconodon und Spalacotherium, die alle zu den insectenfressenden Beutelthieren gehören.

Fig. 1496.



Zahn von *Microlestes antiquus*. Vergrössert.

a Von aussen. *b* Von innen. *c* Profil. *d* Krone von oben. Der Strich bedeutet die natürliche Grösse.

In den etwas jüngeren rhätischen Schichten Englands findet sich Hypsiprymnopsis, dessen Zahncharaktere sich an Plagiaulax und die Känguruhratten anschliessen.

Es sind also diese die ältesten bis jetzt bekannten Säugethiere, und dieselben entstammen aus der obern Trias. Kloakenthiere hat man noch nicht gefunden; es würde übrigens unmöglich sein, dieselben zu erkennen, wenn man nicht das Gabelbein fände. Da die Beutelthiere im Allgemeinen sehr viele und mehr Zähne besitzen, als die meisten ihnen analogen Monodelphen, so darf man wohl erwarten, dass die älteren Kloakenthiere viele Zähne hatten, deren Charaktere uns natürlich unerkennbar bleiben müssen, da die jetzt lebenden nur rudimentäre oder gar keine Zähne besitzen.

Die insectenfressenden Beutelthiere setzen sich in dem untern Oolith von Stonesfield mit kleinen Arten fort. Amphitherium (*Thylaco-*

therium) und Amphilestes sind reine Insectenfresser, Phascolotherium zeigt zugleich lebhafte Analogien mit den Fleischfressern (*Thylacinus* und den Beutelratten. Es mögen sich also diese beiden Richtungen aus den insectenfressenden Beutelthieren entwickelt haben.

Fig. 1497.



Unterkiefer von *Thylacotherium Prevosti*.

Einige Zähne, Stereognathus, scheinen einem pflanzenfressenden Hufthierchen angehört zu haben, geben aber keinen sichern Aufschluss.

Sämmtliche genauer bestimmbare Säugethierreste aus dem Purbeckkalke gehören ebenfalls Beutelthieren an, und zwar die meisten den Insectenfressern, einige wieder (*Spalacotherium*) mit entschiedener Neigung zu den Fleischfressern, Plagiaulax dagegen, ein Pflanzenfresser, mit der Känguruhratte (*Hypsiprymnus*) am nächsten verwandt.

Fig. 1498.



Phascolotherium Bucklandi. Aus den Schiefern von Stonesfield.

Entschiedene Handbeutler (*Didelphys*) treten im Pariser Gypse auf und mögen sich, wie oben bemerkt, aus den Insectenfressern entwickelt haben.

Von da an verschwinden die Beutelthiere gänzlich aus Europa und man hat erst wieder Reste von ihnen in den Höhlen Australiens entdeckt, so dass also zwischen Eocen- und Diluvialzeit der Faden abgerissen ist und wahrscheinlich erst später durch Entdeckungen in Australien und den benachbarten Inseln, sowie auf dem indischen und südamerikanischen Festlande wird aufgefunden werden können. Bemerkenswerth aber ist es immerhin, dass zu derselben Zeit, wo die Beutelthiere in Europa verschwinden und monodelphen Säugethieren Platz machen, auch die australischen Typen in der fossilen Flora verschwinden.

Die australischen Höhlen enthalten eine reine Beutelthierfauna. Ein gigantisches Kängnruh (*Diprotodon*) hat schon die vollständige Zahnformel der lebenden, aber kürzere und dickere Hinterbeine und längere und dickere Vorderbeine und etwa die Grösse des Flusspferdes. Nototherium verbindet die Charaktere der Känguruhs mit den Früchte-



Fig. 1499.

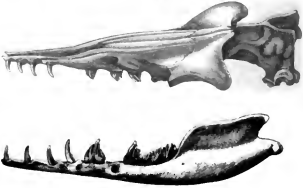
Restauration von *Zeuglodon macrospondylus.*

fressern (*Phascolarctos*). Die Nagebeutler sind dnrch einen riesigen Wombat von der Grösse des Tapirs (*Phascolomys*), die Raubthiere durch ein Thier von der Grösse des Löwen (*Thylacoleo*) vertreten.

So weit wir also bis jetzt die Thatsachen überschanen können, existirten zuerst insectenfressende Bentelthiere, denen sich schon im Oolith Pflanzenfresser zugesellten, die im obersten Jnra oder nntersten Wäldergebirge sich entschieden zn der Känguruhform hinneigten. Jedenfalls aber gab es (mit nur einer zweifelhaften Ansnahme, die wir sogleich erwähnen werden) während der ganzen Secnndärzeit, Trias, Jnra nnd Kreide nnr Bentelthiere als Vertreter der Säugethiere.

§. 1552. Gehen wir nun zu den Monodelphen über, so sind die **Zottenknchler** (*Villiplacentalia*) offenbar die niederste Grossgrnppe, nnd unter diesen stehen wieder durch den Mangel der Hintergliedmaassen die **Walthiere** (*Cetaceen*) am niedersten. Wenn **Owen**'s Vermnthnng richtig wäre, dass einige im Musenm von Cambridge anfbewahrte Wirhel, die einem Wal angehören und von allen bekannten Arten verschieden sind, nicht aus dem Dilnviallehm stammen, in welchem man sie fand, sondern ans dem Kimmeridge-Thon, also aus dem obern Jnra, ans-

Fig. 1500.



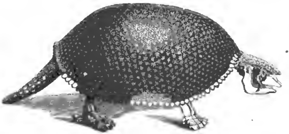
Kopf und Unterkiefer von der Seite.

gewaschen seien, so würden die Walthiere jetzt die ältesten gefundenen Monodelphen und damit auch die Frage entschieden sein, ob sie sich durch directe Abstammung, oder durch Anpassung an das Leben im Wasser aus den Raubthieren oder den Hufthieren gebildet hätten. Alle diese Annahmen haben eine gewisse Berechtigung, denn von den fleischfressenden Walen und Delphinen, die wohl zuerst in den obersten Eocenschichten vorkommen, leiten die in den mittleren Tertiärgebilden vorkommenden Seekühe oder pflanzenfressenden Walthiere (*Sirenia*) wie Halianassa und Metaxytherium einerseits zu den Hufthieren, die Zeuglodonten dagegen andererseits zu den Robben und Walrossen.

Da die ältesten Cetaceen im obern Eocen, die Ordnungen der Sirenen und der Zeuglodonten aber erst im Miocen vorkommen, so wäre es nach dem jetzigen Staude unserer Kenntnisse unmöglich, die Walthiere von den genannten Ordnungen abzuleiten. Die Sirenen aber scheinen im Aussterben — das Borkenthier (*Rhytina*) ist ganz vertilgt, die Manatis und Dugongs werden täglich seltener. Die Zeuglodonten sind mit dem Miocen, wo sie auftraten, auch ohne nachweisbare directe Nachkommen verschwunden, waren also wohl ein steriler Seitenzweig der Cetaceen, die heute noch in vielen Formen alle Meere bevölkern.

Ein höchst eigenthümlicher Zweig der Zottenkuchler sind die §. 1553.
Zahnarmen, Edentata, die mit Ausnahme der Schuppenthiere (*Manis*) und des Erdferkels (*Orycteropus*), beide Ameisenfresser, gänzlich auf Südamerika beschränkt sind. In der europäischen Mollasse sind bei Sansans und Eppelsheim einige Knochen und Zähne gefunden, die man dieser Ordnung zuschreibt (*Macrotherium*), welche jedenfalls in den jüngeren Tertiärgebilden Nordamerikas noch vertreten war (*Megalonyx*). Die Zähne von Sansans gehören ohne Zweifel einem gigantischen Ameisenfresser an, so dass also der Typus noch in Europa zur Zeit des jüngern Miocens existirte. Der Miocen ist der Ausgangspunkt dieser Gruppe, die in dem Plioeen der Pampas und in den Höhlen Brasiliens ihre höchste Blüthe erreicht. Nicht nur sind alle jetzigen

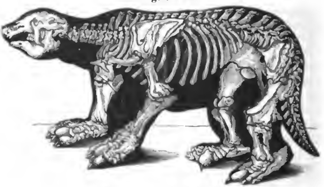
Fig. 1501.



Glyptodon clavipes. Aus dem Pampasthone.

Familien, die Ameisenfresser und die Gürtelthiere durch zahlreiche und zuweilen riesige Formen vertreten, sondern es sind auch ganz neue Familien vorhanden und durch die merkwürdige Familie der Megatheriden (Fig. 1502 und 1503) oder Gravigraden repräsentirt, die jetzt

Fig. 1502.



Skelett des *Megatherium Cuvieri*. Aus dem Pampasthone.

vollkommen ausgestorben ist und durch die Faulthiere ersetzt scheint, die offenbar eine höhere Stufe der Organisation einnehmen.

Fig. 1503.



Mylodon robustus. Aus dem Pampasthone.

Die Gravigraden zeigen einige Charaktere, welche einen Uebergang von den Ameisenfressern und Gürtelthieren zu den Faulthieren

bilden. Offenbar ist die ganze Ordnung der Zahnarmen jetzt schon im Abnehmen nnd allmäligen Verschwinden begriffen.

Es ist nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse rein unmöglich, die Edentaten von irgend einem Typus der Monodelphen abzuleiten. Die nnvollkommene Bildung der weiblichen Geschlechtsorgane bei manchen, des Gehirns bei allen, die Structnr ihrer Gliedmaassen und ihres so mangelhaften Zahnsystemes dentet viel mehr anf unsere hentigen Monotremen hin, und es wäre wohl möglich, dass weitere Entdeckungen in jenen fast noch ununtersuchten Ländern, wo diese Typen sich finden, nähere Beziehungen anffinden liessen.

Es sind namentlich die Hüfthiere (*Ungulaten*), deren in der heutigen Schöpfnng so natürliche Einordnung in Dickhänter, Wiederkäuer nnd Einhnfer durch die Betrachtung der fossilen Säugethiere gänzlich nmgestaltet wird. Wiederkäuer und Einhufer erscheinen den fossilen gegenüber als abgeleitete Grnppen, deren jede einen besondern, in die Dickhänter hineinreichenden Stammbanm hat, so dass diese in zwei ursprünglich sehr wenig verschiedene Gruppen zerfallen, die sich im Laufe der Zeit stets mehr nnd mehr differenziren. Beide Reihen charakterisiren sich durch eine stete Abnahme der Zehenzahl, die aber in der Art verschieden waltet, dass bei den Ungleichzehern (*Perissodactylen*) der Mittelfinger stets den Vorrang hat und die Zehen von beiden Seiten her abnehmen, so dass er zuletzt bei den Pferden allein übrig bleibt, während bei den Gleichzehern (*Artiodactylen*) der dritte nnd vierte Finger an Grösse gleich, und znletzt allein übrig bleiben, so dass das Thier den Huf einfach spaltet, wie bei den Wiederkäuern. §. 1554.

Die Dickhäuter erscheinen mit den ältesten Tertiärschichten, und zwar zuerst die Ungleichzeher mit der Gattung *Coryphodon*, die einem Stier an Grösse gleichkam, in den plastischen Thonen und den Ligniten des untersten Eocen der Becken von London und Paris. Unmittelbar auf diese folgen die sehr ähnlichen Lophiodonten in dem

Fig. 1504.



Unterkiefer von *Lophiodon parisiense*. Aus dem Grobkalk von Nanterre. $\frac{1}{4}$ Grösse.

nntern Grobkalke, welche in den miocänen Schichten den eigentlichen Tapiren Platz machen, die heute nnr noch durch drei Arten, zwei amerikanische und eine asiatische, vertreten sind. Unseres Erachtens

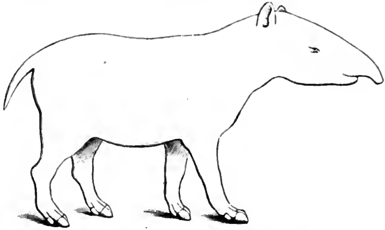
sind nicht Gründe genug vorhanden, die älteren Formen der Familie, welche im Miocen ihre reichste Entfaltung findet, von den neueren zu trennen, obgleich nicht geleugnet werden kann, dass in den ältesten Formen sich Anklänge an Palaeotherien und Nashörner finden, während andererseits auch die Tapire in ihren Backzähnen enge Beziehungen zu Rüsselthieren (*Dinotherium*) zeigen.

In dem Londonthon erscheint die Gattung *Pliolophus*, ein kleines Hufthier mit so eigenthümlicher, vollständiger Bezahnung, dass dieselbe als Norm für alle Zahnsysteme angenommen werden könnte; gleiche Zahl der Zähne oben wie unten, in jeder Hälfte drei Schneidezähne, ein Eckzahn, vier Prämolaren und drei echte Backzähne, also 44 Zähne im Ganzen. Die Form der Zähne leitet zu den Palaeotherien hinüber; das Verhalten zwischen echten und falschen Backzähnen dagegen hier wie bei *Coryphodon* zu den Gleichzehern, so dass man beide Gattungen eher als gemeinschaftliche Stammformen für beide Gruppen ansehen könnte.

Diese grosse ausgestorbene, aus mehreren Gattungen bestehende Familie beherrscht die oberen Eocengebilde, den Gyps von Montmartre mit den gleichzeitigen Schichten und setzt sich bis in die unteren Miocenschichten schnell aussterbend fort. Vielleicht entwickelten sich von ihr aus in den jüngsten Schichten Südamerikas einige Gattungen, welche den Hals des Lama mit der Fussbildung der Palaeotherien und der Grösse des Nashorns verbanden (*Macrauchenia*, *Nesodon*).

Von den Palaeotheriden leitet eine directe, durch Milchgebiss, bleibendes Gebiss und Fingerreduction bestimmte Reihe zu den heuti-

Fig. 1505.



Umriss des *Palaeotherium magnum*. Aus den Gypsbrüchen von Montmartre nach der Restauration von Cuvier.

gen Pferden hinüber. *Anchitherium*, das noch in den obersten Eocen- und untersten Mioeenschichten vorkommt, hat noch drei den Boden berührende Zehen, und bei *Hipparion* des obern Miocen, dessen Skelett man jetzt aus Pikermi bis in die kleinsten Einzelheiten kennt, berührt nur die Mittelzehe den Boden, während die beiden seitlichen, noch Hufe tragenden, aber reducirten Zehen über dem Boden schweben, und bei unseren jetzigen Pferden sind diese seitlichen Zehen auf griffelförmige Ansätze reducirt. So viel wir wissen, giebt es bis jetzt kein Beispiel unter den Säugethieren, wo die allmälige Ausbildung und Entwickelung eines später erscheinenden Typus aus dem frühern so vollständig dargelegt wäre, wie in dieser Reihe von den Palaeotherien bis zu dem Pferde.

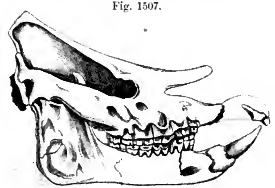
Fig. 1506.



Drei Backenzähne des Oberkiefers von *Hipparion prostylum* aus dem Plioeen von Cucuron. Nat. Gr. Von der Kaufläche aus gesehen.

Nicht ganz so klar ist der Uebergang von den Palaeotheriden zu den Nashörnern. Diese beginnen zwar in dem untern Miocen mit der Gattung *Aceratherium*, die keine Hörner trug und oben wie unten

Fig. 1507.



Schädel von *Rhinoceros (Aceratherium) incisivum* von Eppelsheim.

je zwei Schneidezähne besass, was allerdings Uebergangscharaktere sein würden, aber sie hatten zugleich vier Zehen an den Vorderfüssen, und da Palaeotherien wie echte Nashörner, die erst in dem obern Miocen auftreten, nur drei Zehen besassen, so müssten diesem Charakter nach die Nashörner, die sonst eine schöne Reihe darstellen, in welcher nach und nach Zehen und Schneidezähne sich verlieren, von einer den Palaeotherien vorausgehenden Form abgeleitet werden müssen.

Nashörner wie Tapire sind offenbar Typen, die in der Verminderung begriffen sind, da ihr Verbreitungsbezirk abgenommen und auch

Fig. 1508.



Schädelzvon *Rhinoceros tichorhinus*. Aus dem sibirischen Sande.

die Formen nicht zahlreicher geworden sind. Bei den Pferden zeigt sich der eigenthümliche Umstand, dass noch in der Diluvialperiode ein Pferd in ganz Amerika verbreitet war (*Equus curvidens*), dass dann die Gattung ausstarb und sich jetzt wieder durch den Menschen den ganzen Continent eroberte.

Fig. 1509.

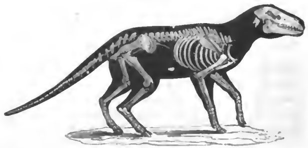


Backzahn von *Rh. leptorhinus*.

§. 1555. Der Formenkreis der Gleichzeher (***Artiodactyla***) ist weit grösser als derjenige der vorhergehenden Gruppe und für den Menschen durch die Entwickelnng der Schweine und der Wiederkäuer nicht minder hedeutend. Er beginnt etwas später als derjenige der Ungleichzeher in den Schichten des eocenen Grobkalkes und mag wohl aus indifferenten Formen, wie ***Coryphodon*** vielleicht war, entstanden sein.

Die Gattung ***Dichobune***, welche die Reihen im Grobkalke beginnt. gehört zn der formenreichen Familie der Anoplotherien, die sich

Fig 1510.



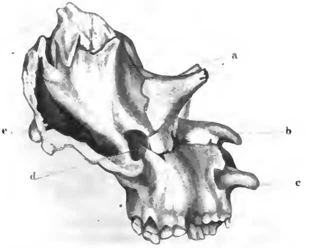
Restauration von *Anoplotherium commune*. Aus dem Gypse von Montmartre.

bis in den obern Miocen fortsetzt. Ausser den zwei Hauptzehen haben die älteren Gattungen, wie *Dichobune*, noch ein bis zwei Nebenzehen, während die typischen *Genera*, *Anoplotherium*, *Xiphodon* u. s. w. nur zwei Zehen besitzen. Auch entwickelt sich der Zahncharakter der Familie, die gleichmässige Aneinanderreihung der Zähne ohne Lücke erst bei diesen Typen, während bei *Dichobune* die Eckzähne noch etwas vorragen und bei den späteren Gattungen wieder Lücken und leere Stellen durch Wegfall von Zähnen entstehen.

Von *Dichobune* aus setzt sich durch *Dichodon* aus dem obern Eocen von England und durch *Microtherium* aus dem Miocen von Weissenau bei Mainz und *Amphitragulus* aus der Auvergne eine so directe Stammlinie zu der jetzt lebenden Familie der Moschusthiere fort, dass sich die Folge nicht verkennen lässt, sowohl an den Zähnen als an der allmäligen Rückbildung der Füsse.

Anoplotherium hat noch einen langen Schwanz und war vielleicht mehr Sumpfthier; *Xiphodon* aber, das ebenfalls im Pariser Gypse vorkommt und das sich durch seine schlanken Formen, seinen kurzen Schwanz und seine den Wiederkäuern ähnlichen Backzähne diesen nähert, bildet den directen Uebergang zu den übrigen Wiederkäuern, die mit Antilopen, Giraffen, Moschusthieren, Hirschen und Kameelen, freilich zum Theil sehr abweichenden Gattungen, im Miocen erscheinen, während Schafe, Ziegen und Ochsen erst im Pliocen auftreten und sich offenbar aus den Antilopen entwickeln. Auch unter den fossilen, besonders miocenen Gattungen finden sich manche Uebergangsformen.

Fig. 1511.



Kopf des *Siratherium giganteum*. Von der Seite. *a* Stirnhörner. *b* Nasenbeine. *c* Zwischenkiefer. *d* Augenhöhle. *e* Hinterhauptsgelenk.

So bildet *Helladotherium* von Pikermi eine Uebergangsform von Giraffen und Hohlhörnern, das kolossale *Sivatherium* (Fig. 1511 a. v. S.) eine solche zwischen den massiveren Formen der Auoplotherien und den Giraffen, *Dremotherium* und *Chalicotherium* aus dem Miocen der Auvergne zwischen *Anoplotherium*, *Amphitragulus* und den Hirschen. Fossile Kameele sind in den Sivalikhügeln gefunden worden, vielleicht führt

Fig. 1512.



Restauration des Riesenhirsches. *Megaceros hibernicos.* Irland.

Orcodon zu ihnen hinüber; für die Lamas hat sich noch keine Stammwurzel finden lassen, sie kommen zuerst in den brasilischen Höhlen vor.

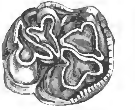
Ueberhaupt bilden die Hörner der Wiederkäner, die man gewöhnlich der Eintheilung zu Grunde legt, mehr nur einen Bequemlichkeitscharakter, der in der Organisation selbst keine bedeutende Rolle spielt. Da die Gabelantilope der Felsengebirge ihre Hohlhörner alljährlich in

gleicher Weise abwirft wie die Hirsche die ihrigen, so ist der Unterschied zwischen Hohlhörnern und Geweihen gänzlich verwischt, und ausserdem beweist auch die nahe Verwandtschaft zwischen Moschusthieren und Hirschen, dass eine Art Compensation zwischen dor Entwickelung der Geweihe und der Eckzähne obwaltet.

Die heutigen gleichzehigen Dickhäuter werden vou den Familien der Flusspferde und der Schweine gebildet, zeigen aber in der Vorwelt einen weit grössern Formenreichthum, namentlich die Schweine, so dass es bis jetzt kaum gelungen ist, leitende Fäden zn den einzelnen Typen der Pekaris, der Warzenschweine (*Phacochaerus*), der Hirscheber und der eigentlichen Schweino zu finden, die alle offenbar als differente Ausläufer von Richtungen zu betrachten sind, welcho aus weniger differenzirten Gattungen sich nach und nach loslösen. Während in den Gattungen, die von *Dichobune* nnd *Anoplotherium* ans zu den Wiederkäuern vorwärts schreiten, eine allgemeine Tendenz zur Reducirung des Zahnsystemes und ganz besonders zur Ausmerzung der Eckzähne sich mit der zunehmenden Schlankheit ergiebt, also eine stets mehr ausgesprochene Ausbildung zur reinen vegetabilischen Nahrung bei Vermehrung der Schnelligkeit, lässt sich bei dieser Gruppe ein Schwanken wahrnehmen, das keine bestimmten Ziele zn haben scheint. So finden sich nnter den älteren Typen Formen, wie *Rhagatherium* z. B., bei welchen durch die seitliche Compression der Eckzähno und der Prämolaren eine entschiedene Hinneigung zum Bau der Fleischfresserzähno sich kennzeichnet.

Wie dem auch sei, so lassen sich doch einzelne Richtungen verfolgen, die von einigen älteren Gattungen des Londonthones und der entsprechenden Schichten ausgehen, worunter namentlich *Hyracotherium* von der Grösse des Hasen. Diesem folgen im Gypso von Montmartre *Chaeropotamus*, im Miocen *Anthracotherium* und im obern Miocen *Palaeochaerus*, das sich unmittelbar an die im Diluvium erst erscheinenden Pecaris anschliesst.

Fig. 1513.



Letzter Backenzahn des Oberkiefers von *Hippopotamus major* vom Val d'Arno, von der Kaufläche aus gesehen. Natürliche Grösse.

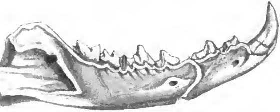
Ebenso lässt sich von *Entelodon* und *Elotherium* im untern Miocen und *Chaeromorus* im obern vielleicht eine genetische Linie zu den Flusspferden ziehen, die mit Arten, welche sechs Schneidezähne und auch sonst noch manche abweichende Charaktere besitzen (*Hexaprotodon*), zuerst in den Sivalikhügeln am Himalaya erscheinen, in Europa aber erst mit deu Diluvialgebilden auftreten.

Die eigentlichen Schweine haben ebenfalls nahe Beziehungen zu dem erwähnten *Chaeropotamus* des Pariser Gypses, zu ***Bothryodon*** und *Hyopotamus* im untern, zu ***Palaeochoerus*** und einer Menge verwandter Gattungen im obern Miocen, und überhaupt zeigt der Miocen eine Menge von schweineartigen Thieren, welche unter sich nicht in weiteren Grenzen variiren als die heutigen Schweine, so dass diese vom untern, die charakterisirten Flusspferde vom obern Miocen datirt werden können, während die im Eocen befindlichen Gattungen, die sich von den eigentlichen Anoplotheriden durch grössere Entwickelung der Eckzähne auszeichnen, als die Stammfamilie beider Zweige angesehen werden müssen.

§. 1556. Es ist noch sehr die Frage, ob die Form der *Placenta*, ob gürtel- oder scheibenförmig, bei den mit einer wahren hinfälligen Haut während des Embryonallebens versehenen Thieren einen so grossen Unterschied bedinge, wie er jetzt allgemein angenommen wird. Jedenfalls vereinigen die Gürtelkuchler (*Zonoplacentalia*) wenigstens zwei, wenn nicht drei höchst verschiedene Typen, von denen die Einen, die Raubthiere, sehr innige Beziehungen zu den Insectenfressern und weiter entfernte zu den schweineartigen Dickhäutern, die Anderen, die Rüsselthiere oder Elephanten, nahe Verwandtschaften mit den Nagern, und die Klippdasse (*Hyrax*) einerseits mit den Nagern und andererseits mit den ungleichzehigen Dickhäutern haben. Da sich über die Abstammung der Letzteren gar nichts sagen lässt, indem man nur eine jetzt lebende Gattung mit zwei nur sehr wenig verschiedenen Arten und gar keine fossilen kennt, so beschäftigen wir uns hier nur mit den Raub- und Rüsselthieren.

§. 1557. Die Raubthiere (*Carnivora*) erscheinen in den ältesten eocenen Schichten, gehören also zu den ältesten Monodelphen und können, so lange man keine älteren nachgewiesen hat, nur von den fleischfressenden Beutelthieren abgeleitet werden, die, wie oben bemerkt, früher erschienen. Diese Anschauungsweise erhält namentlich dadurch eine Stütze, dass unter den älteren Gattungen eine vorkommt, ***Hyaenodon***,

Fig. 1514.



Unterkiefer von *Hyaenodon leptorhynchus*.
Aus dem Miocen der Auvergne. Halbe Grösse.

welche in dem Gypse von Montmartre erscheint und sich im untern Miocen fortsetzt, die in ihrer Bezahnung so auffallende Aehnlichkeiten mit den fleischfressenden Beutelthieren, besonders *Dasyurus*, darbietet, dass man sie trotz des Mangels des charakteristischen Hakenfortsatzes am Unterkiefer diesen angereiht hat.

Man unterscheidet gegenwärtig gewöhnlich sechs Familien, die durch einige leicht zu erkennende Charaktere sich unterscheiden lassen. Die Bären haben breite höckerige Backzähne, oben zwei, unten drei, keinen Reisszahn und setzen die ganze Sohle auf den Boden; die Marder (*Mustelida*) bilden in Beziehung auf den Gang die Brücke zu den reinen Zehengängern, indem sie meist mit der halben Sohle auftreten, sie haben oben wie unten nur einen Höckerzahn. Die Viverriden sind wie alle übrigen reine Zehengänger, sie haben oben zwei, unten einen Höckerzahn, die Hunde (*Caniden*) oben und unten zwei; die Hyänen und Katzen oben einen, unten keinen; die Katzen können aber die Krallen in Scheiden zurückziehen, die Hyänen nicht. Ordnet man so die Familien nach der Zahl der Höckerzähne, so stehen die Bären mit den zahlreichsten und stumpfsten Höckerzähnen voran, dann folgen Hunde, Viverren, Marder, Hyänen und Katzen als höchste Ausbildung des Fleischfressertypus.

Hinsichtlich der fossilen lässt sich, wie bei so vielen anderen Gruppen, die Bemerkung machen, dass die heute scharf unterschiedenen Familien in der Vorwelt mit einander verschwimmen und zwar in der Weise, dass eine Menge von Gattungen, je nach dem Gesichtspunkte, von welchem der Bearbeiter ausging, bald in dieser, bald in jener Familie untergebracht wurden. Das Richtige ist, dass eben die unterscheidenden Charaktere sich erst nach und nach differenzirten und dass im Anfange nur der allgemeine Charakter der Raubthiere, nicht der besondere der Familie ausgebildet war. Deshalb finden sich eine Menge Gattungen, welche Uebergänge bilden — *Amphicyon* zwischen Bären und Hunden, *Palaeonictis* zwischen Bären und Viverren, *Cynodon* zwischen Hunden und Viverren, *Thalassictis* zwischen Viverren und Hyänen, *Hyaenarctos* zwischen Bären und Hyänen.

Die ältesten bekannten Raubthiere aus dem plastischen Thone sind *Arctocyon* und *Palaeonictis*, beide mit Anklängen an die Bären und erstere Gattung, den Hunden, letztere den Viverren sich zuneigend, erstere vielleicht im Wasser lebend und mehr omnivor. Ihnen schliesst sich die erwähnte Gattung *Hyaenodon* im obern Eocen und *Amphicyon* im Miocen an. Sie bilden mit *Hyaenarctos* aus den Sivalikhügeln den mehr indifferenten Stock der Fleischfresser.

Echte Bären erscheinen erst im Pliocen und entwickeln sich zu ausserordentlicher Grösse im Diluvium, wo auch in Amerika Coatis und Waschbären erscheinen. Eine europäische Gattung, *Tylodon*, aus

dem Pliocen scheint zwischen den erwähnten amerikanischen mitten inne zu stehen.

Echte Hunde erscheinen zuerst im obern Eocen, und zwar ist eine Art aus dem Gypse von Montmartre dem jetzigen Eisfuchse sehr

Fig. 1515.



Schädel des *Ursus spelaeus*. Von der Seite.

ähnlich. Die Familie war durch zahlreiche Formen im Miocen und Pliocen repräsentirt, die zahlreiche Annäherungen, besonders an die Viverriden, zeigen.

Diese sind im Gegentheile wenig zahlreich, während sie in der Jetztwelt eine grosse Anzahl von Gattungen zeigen. Die ältesten wohl charakterisirten Glieder der Familie stammen aus dem Miocen.

Fig. 1516.



Oberkiefer von *Potamotherium Valloloni* aus dem Miocen der Auvergne.
a Wurzelloch des zweiten sehr rudimentären Höckerzahns. — Natürliche Grösse, von der Kaufläche aus.

Die Marder zeigen sich zuerst im Miocen mit zahlreichen Gattungen, welche Uebergänge zu Viverren einerseits, zu Hyänen andererseits zeigen.

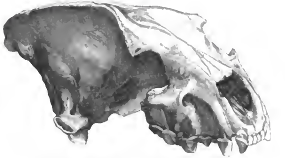
Echte Hyänen erscheinen zuerst im Pliocen, sie entwickeln sich besonders in der Diluvialzeit.

Echte Katzen treten zuerst im obern Miocen auf in allen Ländern; sie entwickeln sich noch weiter in der Diluvialzeit, aber im untern Miocen geht ihnen die furchtbar bewaffnete Gattung ***Machairodus*** (*Smilodon*) voraus, die sich noch im Pliocen und in der Diluvialzeit findet.

§. 1558. Die Robben (*Pinnipedia*), welche heute alle Meere bevölkern, haben nur wenige Reste in den Schichten zurückgelassen. Wenn man

einerseits sagen kann, dass heute noch die Seeotter (*Enhydris*) durch die Bildung ihrer Füsse einen Uebergang zu den Robben bildet, so

Fig. 1517.



Schädel der *Hyaena spelaea*. Von der Seite.

darf auf der andern Seite nicht vergessen werden, dass die Zenglodonten durch ihre Bezahnung nicht minder Beziehungen zeigen. Echte

Fig. 1518.



Felis (Machairodus) Smilodon. Aus Brasilien.

Robben beginnen im Miocen; Walrosse scheinen erst im obern Pliocen und im Diluvium vorzukommen; doch ist die Kenntniss der fossilen Reste noch zu fragmentarisch, um weitere Schlüsse zu erlauben.

§. 1559. Die Rüsselthiere (*Proboscidea*) bilden eine so abnorme Gruppe, dass es schwer hält, sie irgendwo anzureihen. Es ist ein aussterbender heute auf die Elephanten beschränkter Typus, der aber noch in der Diluvialzeit sowohl eine grössere Verbreitung als auch einen bedeutendern Formenreichthum zeigte. Im Skelett, dem Bau der Füsse, der Anwesenheit eines Rüssels und der Structur der Zähne zeigen sie, zum Theil wenigstens, viele Anklänge an die ungleichzehigen Dickhäuter, besonders an den Tapir, dessen Backzähnen diejenigen des Dinotheriums so sehr gleichen, dass Cuvier die letzteren anfangs für einem gigantischen Tapir angehörig bezeichnete; im Schädel haben die Elephanten wieder grosse Aehnlichkeiten mit den Nagethieren, die Dinotherien mit den Sirenen. Die *Placenta* der Elephanten bildet auch insofern einen Uebergang zu derjenigen der Dickhäuter, als die beiden Pole des Ei's, die bei den Raubthieren frei und glatt sind, sich bei den Elephanten mit lockeren Zotten bedeckt zeigen. Ein directer Zusammenhang mit älteren Formen lässt sich aber in keiner Weise thatsächlich demonstriren, und da die ganze Gruppe offenbar im Aussterben begriffen ist, so ist kaum zu hoffen, anders als durch Entdeckungen in warmen Ländern einige weitere Auskunft zu erhalten.

Fig. 1519.



Backenzahn von *Mastodon australis*. Von der Seite gesehen.

Fig. 1520.



Derselbe von der Krone aus.

Die Rüsselthiere beginnen im obern Miocen mit den Mastodonten, die sich durch den Pliocen hindurch in Europa fortsetzen und am Ende desselben erlöschen. In Amerika dagegen erhalten sie sich noch im Diluvium, und das grosse Mastodon ersetzt in dem Diluvialschotter Nordamerikas durchaus das europäische Mammuth.

Die echten Elephanten haben sich offenbar aus den Mastodonten entwickelt. Sie erscheinen zuerst in den Sivalikhügeln, wo Arten vorkommen (*Stecodon*), welche durch ihre Zahnbildung zwischen beiden Gattungen mitten inne stehen. In Europa erscheinen sie erst im obern Pliocen und im Diluvium.

Fig. 1521.



Theilweise abgestutzter Zahn von *Mastodon angustidens*, von der Krone gesehen. *Asti.*

Fig. 1522.



Skelett des Mammuth (*Elephas primigenius*).

Gleichzeitig mit den Mastodonten erscheint in Europa und Asien die Gattung *Dinotherium*. Seitdem **Reuss** fast die sämmtlichen Knochen der Glieder in Böhmen gefunden hat, kann es keinem Zweifel mehr unterliegen, dass das *Dinotherium* ein rüsseltragendes Landthier war. Nichtsdestoweniger bleiben die zahlreichen Beziehungen bestehen, welche es zu den Sirenen hat, obgleich man diese nicht von den Dinotherien ableiten kann, da echte Sirenen (*Halitherium*) schon im Eocen gefunden wurden.

Fig. 1523.



Kopf des *Dinotherium giganteum*, sehr stark verkleinert; von der Seite.

Noch sonderbarer als das *Dinotherium* erscheint das in den Platastaaten aufgefundene *Toxodon*, ein plumpes Thier von der Grösse des Elephanten oder des Flusspferdes, da es auf sehr niedcren Beinen stand. Es hatte im Schädel manche Aehnlichkeit mit den Dinotherien: abgeplattetes Hinterhaupt, weit nach oben geöffnete Nasenhöhle, unterschied sich aber von ihm durch die einfachen Backzähne, ähnlich denjenigen der Edentaten, und durch die Schneidezähne, deren es vier im Oberkiefer trug, die ganz denjenigen der Nager in der Structur gleichen. Es ist absolut unmöglich, ihm zwischen allen bis jetzt bekannten Formen, mögen sie nun lebend oder fossil sein, einen Platz anzuweisen.

§. 1560. Die Sängethiere mit scheibenförmiger Placenta (**Scheibenkuchler**, *Discoplacentalia*), die zugleich stets freie Zehen mit der obern Fläche aufgelegten Nägeln oder Krallen besitzen, zerfallen gegenwärtig in folgende Ordnungen: Insectenfresser, Fledermänse, Nager, Halbaffen, Affen, Mensch. Die Beziehungen der einzelnen Ordnungen zu einander sind nicht vollkommen festgestellt. Wenn sich die Fledermäuse als ein zu specieller Lebensart ausgebildeter Zweig der Insectenfresser, die Menschen als die höchste Weiterbildung des Affentypus herausstellen, so sind die Beziehungen der Nager und Halbaffen nicht eben so klar.

Wenn man neuerdings mit besonderer Bestimmtheit die Halbaffen als die gemeinsame Stammform aller Deciduaten, Gürtel- und Scheibenkuchler zusammen, dargestellt hat, indem dieselben durch den Aye-Aye (*Chiromys*) zu den Nagern, durch die Pelzflatterer (*Galeopithecus*) zu den Fledermäusen, durch die Langfüsser (*Tarsius*) zu den Insectenfressern, durch die Makis (*Lemur*) zu den Affen gehören, so mag dies in morphologischer Beziehung viele Berechtigung haben, während in genetischer Hinsicht jeder Ableitung von den Halbaffen der Umstand

entgegensteht, dass man bis jetzt noch nirgends, in keinem Lande und in keiner Schicht auch nur eine Spur von Halbaffen versteinert gefunden hat. Es ist dies freilich nur ein negativer Beweis; aber wenn der besonders von Häckel aufgestellte Stammbaum richtig wäre, so müssten die Halbaffen die ältesten Decidua-Säugethiere sein, und da sie noch jetzt, wenn auch auf geringem Verbreitungsbezirke, vorkommen, in allen Schichten vom ältesten Eocen an in wechselnden Formen sich gezeigt haben. Ebenso ist nicht zu leugnen, dass die Entwickelung der Hinterfüsse zu einer Hand viele Analogien mit den Beutelratten (*Didelphys*) zeigt; da diese aber im Gyps von Montmartre zweifellos nachgewiesen sind, so müssten sich auch in Europa Reste von Halbaffen gefunden haben, wenn dieselben wirklich von Beutelratten abzuleiten wären. Es würde uns bei dieser Lage der Verhältnisse eher passend scheinen, die Ordnung der Halbaffen, die so disparate Elemente enthält, gänzlich aufzulösen und die einzelnen Glieder derselben denjenigen Ordnungen als Seitenzweige anzureihen, mit welchen sie nähere Verwandtschaft zeigen.

Es ist möglich und wahrscheinlich, dass sich die Insectenfresser aus insectivoren Beutelthieren entwickelt haben. In dem Purbeckkalke hat man Kiefer von kleinen Thieren gefunden, *Spalacotherium* und *Triconodon*, die Owen früher für Insectenfresser, jetzt dagegen für Beutelthiere erklärt, ein Beweis, dass sie den ersteren und zwar die erste Gattung dem Goldmull sehr nahe stehen. Aus diesen mag also wohl der Stamm der Insectenfresser hervorgegangen sein, die man freilich erst sicher wieder in den miocenen Schichten wiederfindet, denn *Spalacodon*, das man im obern Eocen von Hoodwell gefunden, ist noch zweifelhaft. Dagegen finden sich Igel im untern Miocen und von da an durch alle Schichten, Spitzmäuse, Desman und Maulwürfe verschiedener Gattungen, sowohl der jetzt vorkommenden als verwandte, vom Miocen an, besonders viele in Sansans und der Auvergne. Auch kommen Gattungen vor, welche sich mehr den exotischen (*Tenrec*, *Cladobates*) nähern. §. 1561.

Fig. 1525.

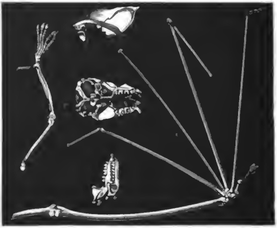


Unterkiefer von *Plesiosorex soricinoides*.
Aus dem Miocen der Auvergne. Doppelte Grösse.

Wenn die Insectenfresser mit ihren Wurzeln bis in den Purbeckkalk hineinragen, so können wohl die Fledermäuse eine Abzweigung von diesem Stamme sein, wie es andererseits auch möglich ist, dass sie direct von Beutelthieren stammen, bei welchen, ähnlich wie bei *Petaurus*, das Flugvermögen sich allmälig entwickelte. Jedenfalls sind ihre §. 1562.

ganz sicheren Spuren, in Europa wenigstens, älter als die der Insectivoren, wobei immerhin in Betracht kommen muss, dass einige in Kyson gefundene Zähnchen, die Owen Fledermäusen zuschreibt, vielleicht einem wirklichen Insectenfresser zugeschrieben werden können. Jeden-

Fig. 1525.



Vespertilio parisiensis. Aus dem Gypse von Montmartre.

falls ist die älteste vollständige Fledermaus im obern Eocen im Gypse von Montmartre gefunden worden, andere im Miocen des Mainzer Beckens, der Auvergne, im Pliocen von Oeningen und in den Knochenhöhlen beider Hemisphären. Die Gattungen entsprechen den jetztlebenden, und allem Anschein nach ist der Typus jetzt in Zunahme.

§. 1563. Die Nager bilden heute eine der am schärfsten umschriebenen und zugleich formenreichsten Ordnungen. Dennoch lassen sich theils, wie schon bemerkt, Anklänge an die Elephanten und die fossilen Toxodonten Südamerikas, an den Aye-Aye unter den Halbaffen und an den Wombat unter den jetztlebenden Beutelthieren finden, dagegen keine an die bis jetzt gefundenen fossilen Beutelthiere.

Die ältesten sicher constatirten Nager sind Eichhörnchen und Siebenschläfer in dem Gypse von Montmartre. Im Miocen treten hierzu die Ziesel (*Spermophilus*), die Springmäuse (***Dipus***) in Sansans, Mäuse, Hamster, Biber, Hasen, Pfeifhasen (*Lagomys*) und merkwürdiger Weise einige Gattungen in der Auvergne (***Archaeomys***, ***Theridomys***), welche mit der jetzt nur in Südamerika lebenden Familie der Octodontiden grosse Aehnlichkeit haben. Im Pliocen kommen die Murmelthiere, Wühlmäuse und Stachelschweine hinzu, so dass wohl sämmtliche Familien und in dem Diluvium alle jetzigen Gattungen und Arten

vertreten sind. Die südamerikanischen Typen sind in den dortigen Knochenhöhlen vertreten.

Die Affen beginnen mit Sicherheit erst im Miocen, da die beiden aus dem Eocen stammenden Arten sehr zweifelhaft geworden sind. §. 1564.

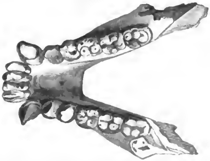
Fig. 1526.



Unterkiefer von *Trogontherium Cuvieri*.

Von Bacton an der Küste von Norfolk.

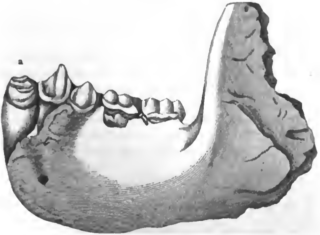
Fig. 1527.



Fossiler Unterkiefer eines Affen (*Pliopithecus antiquus*). Von Sansans.

Wenn sie in der heutigen Schöpfung die Makis unmittelbar unter sich haben, so ist es bis jetzt nicht möglich gewesen, durch reale Funde ihren Stammbaum weiter rückwärts in den Schichten zu verfolgen. Die bis jetzt sicher constatirten Reste stammen von Sansans, *Dryopithecus* den anthropomorphen Affen am nächsten verwandt, *Pliopithecus*

Fig. 1528.



Unterkiefer von *Dryopithecus Fontani*. Von St. Gaudens.

a Zerbrochener Eckzahn. Natürliche Grösse.

als Uebergang von diesen zu den Schlankaffen (*Semnopithecus*); aus den Umgebungen von Montpellier und von Pikermi (*Mesopithecus*) zwischen Schlankaffen und Meerkatzen, fast in allen Stücken des Skelettes bekannt und endlich aus den Sivalikhügeln. Alle diese fossilen Affen der alten Welt gehören den Schmalnasen an, die auch jetzt noch einzig die östliche Halbkugel bevölkern, während die in den amerikanischen Knochenhöhlen gefundenen den Breitnasen angehören, so dass also der Charakter, welcher die Affen der alten und neuen Welt unterscheidet, schon sich kundgiebt, so weit unsere Documente reichen. Ebenso bemerkenswerth ist auch die Verbreitung, da sie nicht über das Mittelmeerbecken hinausgeht.

Der Mensch endlich erscheint mit Sicherheit erst in Diluvialgebilden; die Zeugnisse, welche man bis jetzt für seine Existenz in der Molassenzeit gebracht hat, sind noch nicht über alle Zweifel erhaben, obgleich sie die Wahrscheinlichkeit dieser frühen Erscheinung darthun.

---

§. 1565. An dem Ziele dieser Darstellung angelangt, sehen wir uns genöthigt, noch kurz einige Fragen zu untersuchen, welche hauptsächlich deshalb aufgeworfen wurden, weil die Theologie und der fromme Glaube eine Uebereinstimmung der Ergebnisse der Wissenschaft mit derjenigen Darstellung verlangten, welche uns die Bibel von der Schöpfung und der Geschichte des ersten Menschengeschlechtes giebt. Man behauptete, dass diese Darstellungen nothwendig die Wahrheit enthalten müssten, weil sie eben aus göttlicher Offenbarung geflossen seien, und wenn man auch die Wissenschaft in unserm Jahrhundert nicht mehr mit Gewalt zur Anerkennung dieser Wahrheit zu zwingen wagte, so glaubte man doch berechtigt zu sein, ihre Resultate von vornherein im Namen der Religion zurückzuweisen. Einer solchen Beweisführung kann freilich die Wissenschaft nicht entgegentreten, da sie nothwendig auf Thatsachen sich gründen und den Glauben als eine unbegründete persönliche Ueberzeugung zurückweisen muss. Es handelt sich indessen darum, zu untersuchen, ob wirklich die Resultate der Wissenschaft, wie sie uns jetzt vorliegen, mit der Schöpfungsgeschichte, wie Moses sie erzählt, im Einklange stehen; — ob es in der That eine allgemeine, über die ganze Erde verbreitete Sündfluth gab, welche sämmtliche Geschlechter der Thiere und Menschen bis auf wenige Stammhalter vernichtete, die dann von Neuem sich ausbreiteten und die Erde bevölkerten.

§. 1566. Was nun zuerst die Geogenie des ersten Buches Moses betrifft, so ist es unmöglich, auch nur den geringsten Zusammenhang zwischen

dieser Mythe und der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten, wie ihu die Wissenschaft darstellt, zu finden. Moses unterscheidet sechs Schöpfungsperioden, nnter welchen die zwei ersten damit zugebracht werden, dass das Licht und der Himmel geschaffen werden, während am dritten Tage Festland und Meer sich trennen, Bäume und Kränter entstehen und am vierten erst Sonne uud Mond erschaffen werden, welche an dem dritten Tage, wo doch die Erde schon mit Vegetation sich bedeckt hatte, noch nicht vorhanden waren. Am fünften Tage lässt Moses die Wasserthiere und die Vögel, nnd am sechsten die Landthiere nnd den Menschen entstehen.

Betrachten wir nun zuerst das Verhältniss der Entstehung der Erde als Planet zu der mosaischen Erzählung, so zeigt sich, dass die Erde uothwendig dieser Mythe znfolge vor Entstehung der Sonne vorhanden gewesen sein musste. Ja, die Bildung der Erde musste zur Zeit der Erschaffung der Sonne schon so weit fortgeschritten gewesen sein, dass nicht nur flüssiges Wasser, sondern auch Festland und Vegetation sich auf derselben gefunden hätten. Dies steht in absolutem Widerspruche mit den Thatsachen, welche uns die planetarische Entstehungsgeschichte der Erde aufklären. Ein Centralpunkt, eine Sonne, musste gegeben sein mit der ersten Coucentration des Urnebels, aus welchem sich unser Sonnensystem entwickelt hat. Die Erde war zu einer gewissen Zeit nur eine verdichtete Nebelmasse, wie ein Komet, auf welchem sicherlich weder Festland noch Wasser in flüssigem Zustande, noch auch Pflanzen existiren konnten. Allein anch zu dieser Zeit musste schon die Erde um die Sonne sich drehen; die Existenz der Erde ist überhaupt nndenkbar von dem ersten Anbeginn an ohne die Attractionskraft des Mittelpnnktes der Sonne, um welche sie sich drehen muss. Man hat dies Erscheinen der Sonne an einem spätern Schöpfungstage daraus erklären wollen, dass man behauptete, erst in dieser mosaischen Schöpfnngsperiode seien die Sonnenstrahlen durch die dichten Nebel der Atmosphäre gedrungen, während früher dio Atmosphäre so mit Wasserdämpfen beladen gewesen sei, dass die Sonne nicht habe durchdringen können. Es ist nnbegreiflich, wie man, dem bestimmten Wortlaute entgegen, eine solche Ansicht hat aussprechen können. §. 1567.

Betrachten wir die Reihenfolge des Auftretens der organischen Wesen, wie sie von Moses geschildert wird, so entstehen nach ihm zuerst die Vegetabilien, welche während einer ganzen Schöpfungsperiode allein ausdauern, nnd zn welchen sich erst späterhin Wasserthiere nnd Vögel, und ganz zuletzt Landthiere gesellen. Von allem diesem findet sich in den Ergebnissen der Paläontologie keine Spur. Die Vegetabilien treten vollkommen zu gleicher Zeit mit den ältesten Thieren auf, wie denn beide Reiche der organischen Natur einander wechselseitig §. 1568.

bedingen. Am allerwenigsten aber lässt sich nachweisen, dass eine ganze Schöpfungsperiode zwischen dem Auftreten der Pflanzen und dem Erscheinen der Thiere verflossen sei. Wenn ferner Moses zuerst die Wasserthiere und dann die Landthiere entstehen lässt, so ist diese Succession zwar allerdings richtig, wird aber dadurch wieder vernichtet, dass er die Vögel in gleiche Entstehungszeit mit den Wasserthieren und vor die Landthiere setzt. Nun zeigen sich aber die ersten und zudem noch höchst problematischen Fussspuren von Vögeln in dem bunten Sandsteine, während das erste unzweifelhafte Landthier in dem devonischen Systeme auftritt. Ausserdem müssten nach der mosaischen Erzählung Reptilien und Säugethiere mit einander geschaffen worden sein, und zu gleicher Zeit mit dem Menschen, in derselben Schöpfungsperiode mit diesem, eine Ansicht, welche mit den Ergebnissen der Paläontologie in vollkommener Opposition steht.

§. 1569. Die allgemeine Sündfluth, welche nach Moses das Menschengeschlecht, sowie alle übrigen Thiergeschlechter bis auf einige Stammhalter vernichtete, widerspricht ebenso wie die Geogenie allen Ergebnissen der Wissenschaft. Wenn das Ereigniss, von welchem Moses spricht, wirklich vorgefallen wäre, und man annehmen müsste, dass es in derselben Art und Weise vor sich gegangen wäre, wie er erzählt, so müssten wir auch die Chronologie und die Zeitbestimmung des Ereignisses annehmen, nach welcher es vor etwa 6000 Jahren statthatte. Vor 6000 Jahren also sollen die Stammeltern des Menschengeschlechts der Arche entstiegen sein, sich über die Erde verbreitet und durch den Einfluss des Klimas und des Wohnortes die Racen gebildet haben, welche wir jetzt auf der Erde wohnend erblicken. Wir besitzen aber eine Menge von Hieroglyphen, von Mumien verschiedener Menschenracen und Thiere, welche unzweifelhaft ein Alter von 4000 Jahren erreicht haben, und diese Hieroglyphen und Mumien zeigen durchaus die Typen der Neger, der alten Aegypter ebenso vollkommen und ausgebildet, als wir sie jetzt noch in demselben Lande sehen; wir finden in ihnen dieselben Katzen, Vögel und Krokodile, die noch heute in Aegypten leben. Seit 4000 Jahren bewohnen also verschiedene Racen von Menschen, verschiedene Arten von Thieren dasselbe Land, ohne dass der Einfluss des Klimas sich fühlbar gemacht hätte, und was 4000 Jahre nicht vermochten, das sollen 2000 früher verflossene Jahre bei den Menschenracen wenigstens bewirkt haben? Noch bodenloser wird die Ansicht, wenn man bedenkt, dass es sich hier nicht um kleine Veränderungen, um Bräunung des Teints, der Farbe etc. handelt, sondern um Umwandlung der weissen Race in eine so durchaus verschiedene Race, wie dies diejenige der Neger ist, und dass diese von drei Söhnen desselben Elternpaares ausgegangen sein sollen.

Auch in Hinsicht der jetzigen Thierschöpfung schmilzt die Tra-

dition der Arche Noäh, welche so lange Zeit die Ansichten der Naturforscher in dieser Hinsicht verwirrte, und die daraus gefolgerte Erschaffung einzelner Paare, von welchen die Individuen der jetzigen Schöpfung abstammen sollen, bei genauerer Betrachtung zu dem lächerlichsten Unsinn zusammen. Man denke sich nur einen Augenblick die jetzige Schöpfung auf die Existenz von zwei Individuen je einer Art beschränkt. Offenbar wäre das Fortbestehen derselben unmöglich. Die reissenden Thiere, sollen sie Hunger leiden, so lange bis die ihnen zur Nahrung bestimmten Elternpaare Junge erzeugt haben? Der Ameisenbär, welcher täglich Tausende von Ameisen verschlingen muss, um leben zu können; der Walfisch, dessen Masse nur auf Kosten von Schwärmen von Häringen sich erhalten kann, sollen sie vielleicht erst entstanden sein in weit späterer Zeit? Ein einziges Paar Löwen, hätte es nicht sämmtliche Arten von Gazellen, Rehen und Hirschen in den ersten Wochen der Schöpfung vertilgt gehabt, ehe diese Thiere, welche Monate lang trächtig sind, Junge zur Fortpflanzung der Art hätten werfen können?

Die Sündfluth als geologisches Phänomen hat mancherlei Anhänger gefunden, und man hat sehr oft behauptet, dass das Diluvium der Geologen das Erzeugniss dieser gewaltigen Fluth sei. Wie dies möglich sei, da die in den Diluvialgebilden sich findenden fossilen Reste zum Theil ausgestorbenen, anderen Arten angehören, als den jetztlebenden, während nach der biblischen Erzählung dieselben Arten von Thieren nach der Sündfluth hätten fortleben müssen, ist uns unerklärlich. Die Diluvialgebilde können überhaupt nicht einer nur 40 Tage andauernden Fluth zugeschrieben werden, und wie wir gesehen haben, sind die meisten Erscheinungen, welche man diluvialen Gewässern zuschrieb, auf Rechnung der Gletscher und der Eiszeit zu setzen. Wenn aber auch eine solche Fluth existirt hätte, so sprächen alle geologischen Thatsachen dagegen, dass dieselbe bis zu den Gipfeln der höchsten Berge hinangestiegen sei. Die einzig richtige Vorstellung, welche man sich von diesen Fluthen machen kann, ist die, dass in der historischen Zeit an einigen Orten, welche den alten Hebräern bekannt waren, wie in dem armenischen Hochlande, in Griechenland u. s. w., gewaltige Erdbeben und vulcanische Eruptionen statthatten, in Folge deren grössere Landseen durchbrachen und Ueberschwemmungen herbeigeführt wurden, die nur local waren, aber in dem Laufe der Zeit durch die Tradition und die Mythe als allgemein geschildert wurden. So lässt es sich sehr leicht nachweisen, durch Untersuchung der Alterthümer sowohl als der geologischen Bildung Mittelarmeniens, dass die biblische Erzählung von Noah sich wahrscheinlich auf einen vulcanischen Ausbruch in Armenien bezieht, durch welchen eine grosse Bewegung der Gewässer hervorgebracht wurde, und bei welcher dieser mythische Stammvater der Juden sich mit seiner Familie und seinen Hausthieren rettete.

§. 1570.

Fünftes Capitel.

Geschichte der Geologie und Petrefactenkunde.

§. 1571. Wenn es überhaupt in jeder Wissenschaft nicht wohl etwas Lehrreicheres geben kann, als die Geschichte dieser Wissenschaft selbst, so ist dies namentlich in der Geologie der Fall, wo bis in die neuesten Zeiten die Thatsachen verhältnissmässig immer einen kleineren Raum einnahmen und das theoretische Gebäude, welches man darauf errichtete, das Fundament gleichsam überdeckte. Die Structur der Erdrinde in ihrer ganzen Ausdehnung kennen zu lernen, ist der Vorwurf der praktischen Geologie; die daraus zu folgernden Schlüsse über die Entstehung dieser Erdrinde müssen deshalb um so mehr den Charakter der Hypothese annehmen, je weniger ausführlich und genau die Beobachtungen sind, auf welchen sie beruhen. Je mehr sich die materielle Kenntniss der Erdoberfläche ausbreitete, je mehr man Gelegenheit fand, neue Länder zu entdecken und die Structur des Bodens zu untersuchen, welcher diese Landstrecken bildet, je genauer man zugleich den heimischen Boden kennen lernte, desto mehr fand man Gelegenheit, die theoretischen Ansichten zu erweitern und zu berichtigen. Es war von jeher die Tendenz des menschlichen Geistes, räumlich beschränkte Thatsachen auf das Allgemeine auszudehnen und den Fleck Erde, welchen man bewohnte, als das typische Land anzusehen, nach dessen Vorbild die ganze Oberfläche der Erde zusammengesetzt sei. Wenn die Alten das Küstenland des mittelländischen Meeres, italienische Gelehrte aus dem Mittelalter die Abhänge der Apenninen, Werner das kleine Sachsen, Hutton Schottland als Typus für die Structur der ganzen Erde ansahen, so war dies nur eine Folge des eben bezeichneten Strebens, welches sich bei allen Forschern mehr oder minder wiederholt. Die Vergleichung nur konnte lehren, was auf beschränktem Raume allge-

mein gültigen Verhältnissen, was localen Eigenthümlichkeiten zuzuschreiben sei, und erst die neuere Zeit konnte durch die unendliche Vervielfältigung ihrer Reisemittel und durch das allgemeinere Interesse, welches die Naturwissenschaften erweckten, an die Stelle der Vermuthungen beobachtete Thatsachen setzen.

Gerade diese Vermuthungen aber, diese Hypothesen, welche häufig in Träumereien ausarten, bilden in der Geschichte der Geologie eines der anziehendsten Momente. Es hat von jeher ausgezeichnete Geister gegeben, welche aus wenigen vereinzelten Beobachtungen das Gleichförmige zusammenzufassen, das Individuelle auszuscheiden und so die allgemeineren Gesetze zu erkennen vermochten, welche nur durch wenige Punkte ihnen entgegentraten. Solche Männer gleichen gewissermaassen Personen, welche, mit grossem Ortssinn ausgerüstet, aus geringfügigen, weit zerstreuten Signalen den Pfad zu finden wissen, während der weniger fähige Wanderer häufiger Wegweiser bedarf, um sich nicht irre zu gehen. Diese reichbegabten Männer sind die Propheten der Wissenschaft, die oftmals, ihrem Zeitalter vorauseilend, die Bahn bezeichnen, welche in späteren Epochen eingeschlagen wird. Neben den vielen Wahrheiten aber, zu deren Kenntniss solche Männer durch Induction gelangen können, müssen auch natürlich viele Irrthümer sich einmischen, die erst durch die nachfolgende Beobachtung ausgemerzt werden können. Nichts desto weniger aber ist es von ungemeinem Interesse, zu sehen, wie sehr häufig gewisse Ansichten lange Zeit in der Wissenschaft schlummern oder unbeachtet bleiben, bis die nüchterne Beobachtung sie wieder hervorzieht und ihnen neue Geltung verleiht, während andere Theorien längere Zeit hindurch, auf das Gewicht vorragender Persönlichkeiten gestützt, sich in Ansehen erhalten, wenn ihnen auch schon längst der Boden unter den Füssen weggezogen ist. §. 1572.

Die Religionen aller alten Völker bringen uns eine Menge von mehr oder minder phantastischen Theorien über die Entstehung der Erde nicht nur, sondern auch der Welt überhaupt. Die Erde galt, wie leicht begreiflich, bei allen alten Völkern gleichsam als der Inbegriff, als das Wesentliche des Weltganzen; — Sonne, Mond und Sterne existirten nur in Bezug auf die Erde, um auf derselben zu leuchten, Tag und Nacht zu trennen, und anderen speciell ökonomischen Zwecken der Erdenbewohner zu dienen. Deshalb sind denn auch diese religiösen Theorieen der Indier, der Perser, der Hebräer und der alten Germanen hauptsächlich Kosmogonieen, von denen, wenn man sie ohne weitere Vorurtheile betrachtet, die eine genau ebenso viel werth ist, als die andere. Alle diese religiösen Kosmogonieen sind nämlich nur dichterische Anschauungen, die durchaus aller Beobachtungen entbehren und zum Ersatze derselben mit mehr oder minder Phantasie ausgeführt und den herrschenden religiösen Ideen angepasst sind. Je nachdem der religiöse §. 1573.

Glaube einen einzigen Gott oder zwei Götter des Guten und des Bösen, oder eine ganze Menge von Göttern und Göttinnen annahm, wurde auch die Entstehung der Welt einem oder mehren dieser Wesen zugeschrieben. Die einzelnen Kräfte, die man in der Natur sah, wurden personificirt und als göttliche Wesen, mit übermenschlichen Eigenschaften begabt, dargestellt; ja sogar dem Menschen selbst in vieler Beziehung ein bedeutender Einfluss eingeräumt. Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf diese Kosmogonieen der alten Völker eingehen, die zwar eher in das Gebiet der Mythologie gehören, aber dennoch ein- für allemal als durchaus unwissenschaftlich zurückgewiesen werden müssen, da man stets von Neuem wieder, wie man sagt, im Interesse der Religion, ihre Einführung in die Wissenschaft versucht.

§. 1574. Den Völkern des classischen Alterthumes, den Griechen und Römern, war bis auf wenige Ausnahmen das naturwissenschaftliche Studium fremd. Sie beschäftigten sich wesentlich nur mit dem Menschen, und wenn sie je etwa auf die umgebende Natur einen Blick warfen, so geschah dies hauptsächlich nur, um die Beziehungen zu untersuchen, in welchen die Erscheinungen der Natur zu dem Menschen selbst standen. Indessen konnte es nicht fehlen, dass die grossartigen Naturerscheinungen vulcanischen Ursprungs, von welchen besonders die Griechen in ihrer Heimath auf dem Festlande, wie auf den Inseln Zeugen waren, dass die häufigen Versteinerungen, die man in manchen ihnen bekannten Gegenden findet, sowie die Anschwemmungen der Flüsse die Aufmerksamkeit der alten Griechen auf sich zogen, obgleich diese Aufmerksamkeit nie so weit ging, dass sie zu einem förmlichen Studium der geologischen Erscheinungen angespornt und zu vergleichenden Untersuchungen aufgefordert hätte. Die alten Schriftsteller erwähnen meist nur im Vorbeigehen solcher Phänomene, welche die heutige Geologie in den Kreis ihrer Beobachtungen zieht. Wenn sie dieselben einer näheren Betrachtung würdigen, so lässt sich der einfache natürliche Sinn in den Schlüssen erkennen, welche sie aus den Beobachtungen ziehen. Sobald indess die Alten über diese unmittelbaren Folgerungen aus den Beobachtungen zu allgemeinen Theorien über die Entstehung der Erde übergehen, so verlieren sie sich ebenso wie ihre Vorgänger und Nachfolger in weitschweifige Träumereien der mannigfaltigsten Art. Es standen sich aber bei ihnen schon zweierlei verschiedene Ansichten entgegen, die ebendaher entsprangen, dass die Einen mehr die vulcanischen Erscheinungen Griechenlands und Siciliens, die Anderen mehr die Verhältnisse Aegyptens ins Auge fassten.

§. 1575. Die jährlichen Anschwemmungen, welche der Nil in dem Delta Aegyptens aufhäufte, die allmälige Füllung dieses Deltas durch den Nilschlamm, das periodische Ab- und Zunehmen des Stromes, alle diese Erscheinungen mussten auf die in Aegypten gebildeten Griechen, die

in ihrem Lande keine solche Beobachtungen zu machen im Stande waren, einen tiefen Eindruck machen, um so mehr, als sich daran alte Göttersagen und Mythen knüpften, und Aegypten während langer Zeit das Land der Wissenschaft, die Hochschule der alten Griechen war. Die Ansichten vieler alten Philosophen tragen demnach das Gepräge der ägyptischen Eindrücke, und Thales von Milet war nur der vorragendste in einer förmlichen neptunistischen Schule der griechischen Philosophen. Nach ihm sollte alles Feste sich aus dem Wasser niedergeschlagen haben, und die festeren Erdschichten aus der Verdichtung des niedergeschlagenen Schlammes hervorgegangen sein. Derselben Ansicht huldigte Xenophanes von Kolophon, der namentlich aus Versteinerungen von Seethieren die frühere Bedeckung des Meeres und den ursprünglichen schlammigen Zustand der Erdoberfläche folgerte. Diese Ansichten wurden nun weiter ausgebildet und zugleich mit Traditionen und vulcanischen Erscheinungen in Zusammenhang gebracht. Man liess den Umfang des Meeres öfter wechseln, Inseln untergehen, das Festland überschwemmen oder an anderen Orten trockenlegen. So soll Pythagoras geradezu behauptet haben, Festland und Meer hätten früher in umgekehrtem Verhältnisse gestanden, indem das jetzige Festland Meeresboden, das Meer Festland gewesen sei, und in ähnlicher Weise lässt Plato die Atlantis versinken und das Meer den Raum, welchen diese Insel früher einnahm, überdecken.

Herodot, der überhaupt stets sich mehr an die nüchterne That- §. 1576.
sache hielt, ohne weit ausgreifende Speculationen machen zu wollen, giebt namentlich über Aegypten eine Menge von Beobachtungen, woraus er schliesst, dass das Festland sich allmälig auf Kosten des Meeres vergrössere, indem die Anschwemmungen der Flüsse die Meerbusen ausfüllten. Seiner scharfen Beobachtung ist es nicht entgangen, dass die Anwesenheit von Versteinerungen in der libyschen Küstenkette darauf hinweist, dass diese Gegenden früher von dem Meere bedeckt gewesen sein müssten. Während ihn aber hier die augenscheinliche Uebereinstimmung der versteinerten Schalen mit lebenden Muscheln auf das Richtige hinführt, entgeht ihm bei dem Nummulitenkalke die Analogie, da er eben keine Thiere kennt, welche diesen seltsamen linsenförmigen Scheibchen entsprechen. Diese Analogie findet er aber im Pflanzenreiche und nimmt deshalb an, dass die Nummulitenfelsen aus den Linsenvorräthen entstanden seien, welche man aufgehäuft habe, um die Arbeiter an den Pyramiden zu ernähren. Die Anschwemmungen des Nils überschätzt der Vater der Geschichte, wie leicht begreiflich, ihrer Quantität nach sehr; denn er sagt ausdrücklich, es möchten vielleicht zehntausend Jahre hinreichen, um das rothe Meer auszufüllen, wenn der Nil sich in diesen Meerbusen ergösse. Es kann eine solche Ueberschätzung nicht verwundern, da erst die neueste Zeit durch genaue

Untersuchungen nachwies, wie gering die jährliche Schicht von Schlamm sei, die der Nil znrücklässt.

§. 1577. Die Versteinerungen hatten überhaupt die älteren Griechen vielfältig hinsichtlich ihres Ursprunges beschäftigt, und man findet eine Menge von Stellen, wo theils in Kleinasien, theils in Griecheuland nnd Süditalien Localitäten angegehen werden, in welchen man Muscheln, Pflanzenabdrücke oder grosse Knochen gefunden hatte; namentlich die versteinerten Fische, die in dem Libanon vorkommen und die man auch hei Aix in der Provence (im narboncsischen Gallien) gekaunt zu haben scheint, heschäftigten vielfach die älteren Philosophen. Aristoteles sagt darüber: Viele Fische lehen in der Erde dnrchaus hewegungslos und werden versteinert gefunden; und Theophrastus nnd Polyhius meinen, dass sie entweder aus zurückgebliebenen Fischeiern in der Erde erzeugt seien, oder auch, dass sie sich in die Erde verlaufen hätten und dort selbst erdartig geworden wären. Vielfach hatte man Knochen von erstaunlicher Grösse gefundeu, die man allgemein, wie auch noch in dem späteren Mittelalter, für Reste riesenmässiger Voreltern des Menschengeschlechtes hielt, und dieselben Klagen, die noch heute über die stete Degeneration des Menschengeschlechtes hier und da auftauchen, wurden auch zur Zeit der Alten auf diese vermeintlichen Riesenknochen gestützt, die ohne Zweifel grösseren Landsäugethieren, Elephanten und Nashörnern, angehörten.

§. 1578. Den Neptnnisten entgegen standen schon im griechischen Alterthume die Vulcanisten, unter welchen besonders Zeno und Empedokles hervorragten. Der Aetna, die vulcanischen Inseln des griechischen Meeres, die heissen Quellen, die Erdhehen hoten diesen Philosophen die Anhaltspnnkte zn ihrer Ansicht, nach welcher das Feuer aus dem Inneren der Erde heraus Berge und Länder erhoben und vielfach verändert haben sollte. Bei der allgemeinen Tendenz der Griechen, den verschiedenen Naturerscheinungen humane Götter nnterzuschiehen, entstanden aus diesen vulcanischen Aushrüchen, Erdbehen n. s. w. jene mannigfaltigen Mythen von Cyclopen, Titanen und Giganten, welche die im Inneren der Erde regsamen vulcanischen Kräfte repräsentiren.

§. 1579. Eine dritte eigenthümliche Ansicht von der Erde, welche durch die Naturphilosophie in unserer Zeit ihren wesentlichen Grnndzügen nach wieder aufgenommen wurde, hatte Aristoteles. Dieser Schöpfer der Naturwissenschaften, dessen unendlich reiche Beobachtnngen in der Thierwelt noch täglich neue Bestätignng finden, hetrachtete die Erde als einen Organismus, dessen inneres Lehen durch die mannigfaltigen Veränderungen der Oberfläche sich kundgebe, indem abwechselnd gewisse Theile anstrockneten, während andere wasserreich würden und dadnrch eine höhere Lebensenergie beurkundeten. Nach Aristoteles

unterscheidet sich das Leben der Erde hauptsächlich dadurch, dass die einzelnen Theile der Oberfläche abwechselnd wasserreich oder dürre würden, also abwechselnd alterten und sich wieder verjüngten, während die Thiere und Pflanzen im Ganzen ihres Organismus reiften und alterten und keine Verjüngung stattfinde.

Derjenige, welcher unter allen älteren Schriftstellern die meisten positiven Kenntnisse über die Beschaffenheit der Erdoberfläche besass, war Strabo. Er erzählt die Geschichte eines Ausbruches in dem Golfe von Santorin (Thera), einen anderen bei Methona, und schliesst daraus, dass nicht nur Inseln, sondern ganze Festländer durch vulcanische Kräfte über den Meeresboden erhoben werden könnten. Sicilien ist nach ihm durch den Aetna, die liparischen Inseln und Ischia durch ihre Vulcane aus dem Meere emporgehoben worden. Die vulcanische Natur des Vesuvs ahnte Strabo freilich nicht; — dagegen sind ihm die Dämpfe und warmen Quellen der phlegräischen Felder Zeugen des unter der Erde thätigen Feuers, und die Erdbeben und vulcanischen Ausbrüche die Ursachen der Niveauveränderungen, welche das Meer öfter zeigt. Man sieht hieraus, dass Strabo schon äusserst gesunde Ansichten über die vulcanischen Erscheinungen besass, wenn er auch den Einfluss derselben zu weit ausdehnte, verleitet durch die Beschaffenheit des kleinen Theiles der Erdoberfläche, den er genauer kannte, und in welchem hauptsächlich die noch thätigen Vulcane zu seinen allgemeineren Ansichten die Grundlage lieferten. §. 1580.

Dass die Römer in der Geschichte der Geologie keinen Platz einnehmen können, ergiebt sich aus der allgemeinen Unwissenschaftlichkeit dieses Volkes, dessen Literatur nur durch eine unbegreifliche Verkehrtheit der Philologen einige Bedeutung erhalten konnte. In der sogenannten Naturgeschichte des älteren Plinius kommt zwar eine Menge geologischer Notizen vor, allein ohne Sinn und Verstand zusammengewürfelt, wie denn überhaupt dieses Machwerk der unsinnigsten Compilation nur wenig Geniessbares oder Zusammenhängendes enthält. Das einzig Bemerkenswerthe in der ganzen römischen Literatur ist die Erzählung des jüngeren Plinius von jenem Ausbruche des Vesuvs, der Pompeji und Herculanum verschüttete und seinem Oheime das Leben kostete; — obgleich in vieler Beziehung dunkel, giebt doch diese Beschreibung ein anschauliches Bild der verschiedenen Erscheinungen, welche einen gewaltigen vulcanischen Ausbruch begleiten. §. 1581.

Die lange Geistesnacht, welche dem classischen Zeitalter folgte, wurde in der Geologie nicht, wie in einigen anderen Wissenschaften, durch die Araber unterbrochen, und erst mit dem Beginne des sechzehnten Jahrhunderts zeigen sich namentlich in Italien, der damaligen Wiege der Wissenschaften und der Scholastik, mannigfache Bestre- §. 1582.

bungen zur Aufklärung gewisser geologischer Verhältnisse. Die Naturwissenschaft damaliger Zeit bestand hauptsächlich aus scholastischer Annotirung der Bücher des **Aristoteles**, welche in höchst seltsamer Weise mit der Bibel und den herrschenden religiösen Vorstellungen, über deren Erhaltung die katholische Kirche wachte, verquickt wurden. Der Einfluss dieses religiösen Zwanges aller Wissenschaften lässt sich von nun an auch in der Geologie auf das Deutlichste nachweisen. Die Ketzerei der Gelehrten, welche auf Ansichten gericthen, die mit der Bibel im Widerspruche standen, wurde durch die abscheulichsten Verfolgungen geahndet, und es gehörte deshalb kein geringer Muth dazu, seine Ueberzeugung ohne Rückhalt anszusprechen. Die meisten Schriftsteller, die von jetzt an bis zur theilweisen Befreiung der Wissenschaft, wenigstens von den materiellen Fesseln, welche die Kirche ihr umschlug, in der Geschichte der Geologie auftauchen, die meisten dieser Forscher bemühen sich deshalb, die Uebereinstimmung ihrer Ansichten mit der Bibel nachzuweisen. Es kommen auf diese Weise oft sehr bizarre Ansichten zu Tage, welche einzig der bezeichneten Tendenz ihren Ursprung verdanken.

§. 1583. Den ersten Anstoss zu genaueren wissenschaftlichen Untersuchungen gaben die Versteinerungen, welche man besonders in den Gebilden der Subapenninen in so grosser Menge findet und bei der Anlage der Festungswerke der damals allgemein vermauerten Städte aus dem Schoosse der Erde grub. Die allgemeine Ansicht der mit richtigerem Blicke Begabten, welche die Versteinerungen wirklich als Reste von Thieren betrachteten, die einst gelebt hätten, ging dahin, dass diese Thiere durch die Sündfluth vernichtet und an diejenigen Orte gebracht seien, wo man sie jetzt findet. Wenn indess die Einen die Versteinerungen wirklich für Ueberreste von Thieren ansahen, so glaubten die Anderen, es seien dieselben nur sogenannte Naturspiele, hervorgebracht durch eine gewisse plastische Kraft der Erde, welche den mineralischen Substanzen Formen gegeben habe, die einigermaassen denjenigen der lebenden Thiere ähneln. Es konnte eine solche Ansicht nur aus dem durchaus verschrobenen Geiste der Scholastiker hervorgehen, zumal den Versteinerungen der Subapenninenformation gegenüber, die alle so wohl erhalten und den jetzigen Bewohnern des Mittelmeeres so ähnlich sind, dass die Unterscheidung sehr vieler Arten noch jetzt eine Streitfrage ist.

§. 1584. Schon der berühmte Maler **Leonardo da Vinci**, gleich ausgezeichnet als Mechaniker und Gelehrter, war dieser Ansicht gegen Ende des 15. Jahrhunderts entgegengetreten und hatte behauptet, dass die Seethiere, welche einst die Küsten und den Boden des Meeres bewohnten, durch den von den Flüssen hergebrachten Schlamm eingehüllt worden seien. Nach dem Rückzuge des Meeres habe der feine Schlamm,

welcher die Muscheln umhüllt und in dieselben eingedrungen sei, sich verhärtet und so die Versteinernngen gebildet. Die grosse Verschiedenheit dieser Körper beweise, entgegen einer von Vielen geäusserten Ansicht, dass der Einfluss der Gestirne auf die Schichten der Erde sie unmöglich gebildet haben könne. Nicht minder klare Ansichten stellte Leonardo da Vinci über die stete Erosion des Festlandes durch die atmosphärischen Gewässer und den allmäligen Absatz der Schichten auf dem Grunde des Meeres auf, wenn er auch die aus den Thatsachen gezogenen Folgerungen zu weit ausdehnte, indem er behauptete, die verschiedenen Theile der Erdrinde, Wasser und Land, bildeten gleichsam Hebel und hielten sich auf die Art im Gleichgewichte, dass die leichteren Theile emporgehoben würden, während die schwereren hinabsänken. Leonardo glaubte auf diese Weise das Trockenlegen des Festlandes und die Gegenwart von Versteinerungen auf ziemlich hohen Bergen erklären zu können.

Der Streit über die Natur und Enstehung der Versteinerungen §. 1585. wurde von Neuem angefacht durch die Entdeckung von Meeresmuscheln, welche man bei dem Graben der Fundamente von Verona im Jahre 1517 fand. Fracastoro machte hier zuerst auf den Unterschied zwischen den Meeresmuscheln und den Fossilien des süssen Wassers aufmerksam und schloss zugleich aus der Natur der aufgefundenen Versteinerungen, dass dieselben nicht durch eine Fluth von süssem Wasser, wie die Sündfluth, hergebracht sein könnten, sondern nothwendig au dem Fundorte im Meere gelebt haben müssten. Er sprach die ganz vernünftige Ansicht aus, dass eine solche Fluth, wie die Sündfluth, eher Alles wegschwemmen und auf der Oberfläche zerstreuen müsse, als dass sie Körper tief im Inneren der Erdschichten vergraben könne. Der plastischen Kraft der Natur trat er mit ebenso viel Energie als sein Vorgänger entgegen, und es ist wirklich auffallend, dass diese gesunden Ansichten später wieder unter der Unwissenschaftlichkeit der theologischen Gelehrten sich verloren und erst lange nachher allgemeinere Geltung bekamen.

Von Zeit zu Zeit traten indess Männer auf, welche stets wieder §. 1586. mit neuen Argumenten die Ansicht von Naturspielen, von plastischer Naturkraft und derartiger Entstehung der Versteinerungen bekämpften. Ein ungelehrter Töpfer, wie er sich selbst nennt, stemmte sich etwa zu derselben Zeit, wie Fracastoro in Italien, diesem Unwesen der Scholastiker in Frankreich entgegen. Bernard de Palissy, geboren 1515, beschäftigte sich besonders mit Verfertigung von Porzellan, von Email und anderen Töpferarbeiten, nnd hatte dabei die zahlreichen Versteinerungen des plastischen Thones und der übrigen Gebirgsarten um Paris genauer kennen gelernt. Mit einfachem natürlichen Verstande erfasste er die Beziehungen dieser Versteinerungen zu den lebenden

Seethieren und behauptete keck, wenn er auch ungelehrt sei und nichts von Aristotelischer Sophistik verstehe, so wolle er doch in öffentlicher Disputation es mit allen Denjenigen aufnehmen, welche die Ansicht zu vertheidigen suchten, als seien die Versteinerungen etwas Anderes, als Reste untergegangener Thiere.

§. 1587. Die Beschäftigung mit den Versteinerungen in der eben genannten Weise zieht sich noch bis gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts fort, ohne dass man gerade besondere neue Richtungen der Untersuchung wahrnähme. Ehe man noch die Versteinerungen selbst in ihrem Wesen genauer kannte, ehe man noch daran dachte, durch specielle Vergleichungen mit noch lebenden Schalthieren ihre Aehnlichkeit oder Verschiedenheit näher zu ergründen, disputirte man weitläufig über ihre Herkunft, ihren Ursprung, die Art ihrer Verschüttung und ihre Beziehung zu der mosaischen Schöpfungsgeschichte, und wenn es ja einem Beobachter einfiel, nähere Vergleichungen anzustellen, so dienten die Verschiedenheiten, welche er entdeckte, hauptsächlich nur dazu, verkehrte Ansichten zu begründen. So trat namentlich noch in viel späterer Zeit, nämlich um 1670, ein Mann, der die lebenden Muscheln genau kannte, Martin Lister, mit sehr sonderbaren Ansichten über die Versteinerungen hervor. Die Tertiärgebilde sind bekanntlich in England nur sehr wenig ausgebreitet, und gehören auch bis auf einige kleine Flecken nur den älteren Tertiärgebilden, dem Londonthone, an. Dagegen sind die Formationen der Kreide, des Jura und der Kohle in England besonders reich an Versteinerungen. Wenn daher in Italien, in den Fossilien der so neuen Subapenninen-Formation vor allen Dingen die Aehnlichkeit mit den jetzigen Meeresproducten frappiren musste, so war im Gegentheile bei den älteren Versteinerungen Englands die Verschiedenheit von den jetzt lebenden Muscheln leicht erkennbar. Auf diese stützte sich denn auch Lister, indem er behauptete, dass die Versteinerungen Naturspiele seien, welche im Groben aufs Ungefähr hin den jetzt lebenden Muscheln nachgebildet seien, ohne deren Gestalt gänzlich erreichen zu können. Die verschiedenen Gesteine, meinte er, hätten in dieser Nachbildung der lebenden Muscheln eine mehr oder minder grosse Geschicklichkeit bewiesen, indem die in ihnen enthaltenen Versteinerungen nicht unter einander gleich seien, sondern von einer Schicht zur andern wesentliche Verschiedenheiten darböten. Das scharfe, an Unterscheidung zoologischer Charaktere gewöhnte Auge Lister's hatte demnach schon erkannt, dass verschiedene Formationen auch specifisch verschiedene Versteinerungen in sich schlössen, und nur die verkehrten Schlüsse, welche er aus seinen Beobachtungen zog, liessen dieselben weniger Eingang in die Wissenschaft gewinnen, als dies zu erwarten gewesen wäre. Es dauerte wohl mehr als ein Jahrhundert, bis man die genaueren Vergleichungen

Lister's wieder aufgriff, die unterscheidenden Charaktere der Versteinerungen studirte und freilich an dieselben ganz andere Folgerungen knüpfte.

Ein etwas späterer Zeitgenosse Lister's trat diesem mit Erfolg am Beginnen des achtzehnten Jahrhunderts entgegen und behauptete, die Verschiedenheiten der Versteinerungen in verschiedenen Schichten möchten wohl daher rühren, dass verschiedene Zerstörungsperioden der lebenden Geschöpfe auf der Erde sich gefolgt seien. Hooke behauptete, die einzelnen Thiergeschlechter könnten unter dem Einflusse mancher Verhältnisse aussterben; die in England vergrabenen Reste wiesen namentlich überzeugend darauf hin, dass früher ein wärmeres Klima in diesem Lande geherrscht habe, welches die Existenz von Thieren erlaubt hätte, deren analoge Geschlechter jetzt nur in den tropischen Gegenden sich vorfinden. Hooke machte demnach zuerst den Versuch, aus der Beschaffenheit der Versteinerungen und aus der Lebensweise, welche die ausgestorbenen Thiere während ihres Lebens geführt haben mussten, auf die äusseren Bedingungen der Existenz und namentlich auf das Klima des Landes zurückzuschliessen. Er glaubte, dass Veränderungen der Erdaxe in ihrer Stellung gegen die Sonne diese Wechselspiele des Klimas veranlasst haben könnten, eine Meinung, die auch in unserer Zeit vielfach vertheidigt wurde. §. 1588.

Die Aufmerksamkeit der Neugierde, welche die Versteinerungen in der eben geschilderten ältern Periode der Wissenschaft erregten, hatte mehr von dem speciellern geognostischen Studium der Schichten, ihrer Lagerung und Zusammensetzung abgezogen. Indess war es ein Deutscher, Zeitgenosse Fracastoro's und Palissy's, welcher diese Richtung des geognostischen Studiums vorzüglich in Bezug auf den deutschen Bergbau zuerst anbahnte, und diesen auf eine Höhe brachte, die ihm während zweier Jahrhunderte das Uebergewicht sicherte. Georg Agricola, geboren 1494, gestorben 1555, hatte seine Studien in Italien gemacht und später in seinem Vaterlande, in dem sächsischen Erzgebirge, sich besonders der Erforschung des Bergbaues gewidmet. Aus Italien hat er die Kenntniss der vulcanischen Erscheinungen mitgebracht, die er mit vieler Klarheit auf die Verhältnisse der Erzgänge und der mineralischen Lagerstätten anwandte. Vorzüglich war er darauf bedacht, die Kenntniss der einzelnen Gesteine zu fördern und dieselben nach ihren äusseren Merkmalen zu bestimmen, was besonders für den praktischen Zweck, den er sich vorsetzte, von äusserster Wichtigkeit war. Ueberhaupt bleibt Agricola wesentlich auf dem Boden der Erfahrung, ohne sich in Speculationen oder weitläufige Theorien einzulassen, und der Ruhm, den die deutsche Bergbaukunst bis in unsere Zeiten sich erhalten hat, wurde, wie schon oben bemerkt, wesentlich von ihm gegründet. §. 1589.

§. 1590. Der nüchternen praktischen Richtung Agricola's folgte Nicolas Steno, dessen Prodromus einer Dissertation über die in den Gesteinsschichten auf natürliche Weise eingeschlossenen festen Körper, welcher im Jahre 1669 erschien, ohne Zweifel die merkwürdigsten Behauptungen in Beziehung auf die Geologie enthält. Steno, seiner Geburt nach ein Däne, befand sich längere Zeit im Dienste des Grossherzogs von Toscana und wurde durch die Untersuchung einiger fossiler Haifischzähne und deren Lagerstätte auf genauere Nachforschungen über die Zusammensetzung des Bodens von Toscana geführt, aus deren Resultaten er dann auf die Zusammensetzung der Erdrinde im Allgemeinen schloss. Die in dem genannten Buche vorgetragenen Ansichten sind in ihrem Verhältnisse zu der gesammten geologischen Wissenschaft zu merkwürdig, als dass wir ihrer nicht ausführlicher gedenken sollten, da sie gewissermaassen die Vorläufer der neueren Ideen über Sedimentgesteine und deren Lagerung sind. Steno drückt sich in folgender Weise über die geschichteten Gesteine aus:

§. 1591. „Die Schichten der Erde sind aus einer Flüssigkeit niedergeschlagen worden. Man kann diese Behauptung durch folgende Gründe beweisen.

1. Der pulverförmige Stoff der Schichten musste nothwendig zuerst in einer Flüssigkeit aufgeschlämmt sein, aus welcher er sich durch sein eigenes Gewicht niederschlug. Die Bewegungen dieser Flüssigkeit breiteten den Niederschlag aus und gaben ihm eine ebene Oberfläche.
2. Die Körper von beträchtlicherem Umfange, welche sich in den Schichten finden, gehorchen im Allgemeinen, sowohl hinsichtlich ihrer besonderen Lagerung als auch in Beziehung zu einander, den Gesetzen der Schwere.
3. Der pulverförmige Stoff der Schichten hat so vollkommen die Gestalt der Körper angenommen, die er umhüllt, dass er die kleinsten Höhlungen derselben ausfüllt und auf der Berührungsfläche sogar die Politur und den Glanz derselben angenommen hat, obgleich er im Allgemeinen zu der Annahme dieser Politur nur sehr wenig geeignet war."

§. 1592. „Niederschläge entstehen in einer Flüssigkeit dadurch, dass die aufgeschlämmten Stoffe durch ihr Gewicht niedergezogen werden, und zwar geschieht dies sowohl, wenn diese Stoffe von anderswoher mitgeschwemmt wurden, als auch, wenn sie sich unmerklicherweise aus den Theilchen der Flüssigkeit abscheiden, welches Letztere gleichermaassen an der äusseren Oberfläche der Flüssigkeit, wie auch in allen ihren inneren Theilen geschehen kann. Obgleich die Incrustirungen und die eigentlichen Niederschläge sehr viele Aehnlichkeit unter sich

besitzen, so lassen sie sich doch leicht von einander unterscheiden. Die äussere Fläche der Incrustirung ist nämlich parallel der inneren, wenn diese letztere auch noch so grosse Ungleichheiten zeigt, während im Gegentheile die Oberfläche der Niederschläge oder Sedimente stets parallel mit dem Horizonte oder doch nur sehr wenig geneigt ist. Die mineralischen Incrustirungen von grüner, gelber oder röthlicher Steinmasse, welche man auf dem Boden der Flüsse findet, machen die Ungleichheiten dieses Bodens nicht verschwinden, während ein Sediment von Thon oder Sand Alles gleich macht."

„Ueber die bildende Materie der Schichten kann man Folgendes sagen: §. 1593.

1. Wenn in einer Gesteinsschicht alle Theilchen gleichförmig und zugleich sehr fein sind, so ist kein Grund vorhanden, zu leugnen, dass diese Schicht zur Zeit der Schöpfung durch die Flüssigkeit entstand, welche damals die ganze Erde bedeckte.
2. Findet man dagegen in einer Schicht Bruchstücke einer andern Schicht oder Ueberbleibsel von Thieren und Pflanzen, so darf man sicher diese Schicht nicht mit denjenigen zusammenwerfen, welche zur Zeit der Schöpfung sich aus der primitiven Flüssigkeit niederschlugen.
3. Findet man in einer Schicht Spuren von Seesalz, Ueberreste von Seethieren, Scheiter von Schiffen und überhaupt eine Zusammensetzung ähnlich derjenigen des heutigen Meeresgrundes, so war sicherlich einst zu einer gewissen Zeit das Meer an jenem Orte; — mag es nun durch Ueberschwemmung oder durch Senkung der Gebirge dorthin gelangt sein.
4. Wenn man in einer gewissen Schicht viel Binsen, Gräser, Stämme und Aeste von Bäumen und dergleichen Gegenstände findet, so ist man berechtigt, zu schliessen, dass diese Gegenstände durch das Ueberschwellen eines Flusses oder den Einbruch eines Waldstromes an den Ort ihrer Lagerung gebracht wurden.
5. Findet man in einer Schicht Kohlen, Asche, Bimssteine, Erdpech und verbrannte Körper, so hat sicherlich in der Nähe der Flüssigkeit ein Brand stattgefunden, und dies ist besonders dann ganz gewiss anzunehmen, wenn die Schicht einzig aus Kohle und Asche besteht. In der Nähe von Rom findet sich eine solche Schicht in der Grube, aus welcher man den Thon zu den gebrannten Ziegeln gewinnt.
6. Wenn an derselben Oertlichkeit alle Schichten auf dieselbe Art zusammengesetzt sind, so hat die Flüssigkeit, aus welcher sie sich niederschlugen, nicht zu verschiedenen Zeiten Gewässer anderer Zusammensetzung aufgenommen, die von verschiedenen Orten herkamen.

7. Sind dagegen die Schichten derselben Oertlichkeit in verschiedener Weise zusammengesetzt, so kann dies zwei Ursachen haben. Entweder sind Flüssigkeiten verschiedener Zusammensetzung in verschiedener Zeit und von verschiedenen Orten her dort geflossen, was durch den Wechsel der Winde oder durch heftigere Regengüsse an gewissen Orten erzeugt worden sein kann. Oder aber, es fanden sich Stoffe von verschiedenem specifischen Gewichte in derselben Flüssigkeit, wo sich dann die schwereren zuerst niederschlugen und nachher erst die leichteren Materien darüber ablagerten. Diese Verschiedenheit kann durch den Wechsel der Jahreszeiten bedingt werden, besonders da, wo die Oberfläche des Bodens schon analoge Ungleichheiten zeigt.
8. Findet man unter erdigen Schichten einzelne Schichten von Felsgestein, so existirte sicherlich in der Nähe eine versteinernde Quelle, oder es fanden unterirdische Ausbrüche statt, oder endlich die Flüssigkeit zog sich zurück, der Niederschlag erhärtete durch den Einfluss der Sonnenwärme und wurde dann von der Flüssigkeit von Neuem wieder bedeckt."

§. 1594. „Ueber die Lagerung der Schichten kann man folgende sichere Sätze aufstellen:

1. Im Augenblicke, wo sich eine Schicht bildete, musste sich unter derselben ein anderer Körper befinden, der das fernere Niederfallen der pulverigen Materie verhinderte. Es musste also im Augenblicke, wo die unterste Schicht sich bildete, unter derselben ein anderer fester Körper oder eine Flüssigkeit sich befinden, deren specifisches Gewicht grösser war, als dasjenige des Niederschlages aus der oberen Flüssigkeit.
2. Die untere Schicht war schon fest geworden, sobald sich eine obere Schicht darauf niederschlug.
3. Eine Schicht, die sich bildete, musste freilich durch einen anderen festen Körper eingezwängt sein oder aber die ganze Erde bedecken. Daraus folgt denn, dass man überall, wo man Abschnitte von Schichten entblösst sieht, entweder weiterhin ihre Fortsetzung oder aber einen festen Körper finden muss, welcher die Schicht verhinderte, sich auszubreiten und wegzufliessen.
4. Wenn eine Schicht sich bildete, so war darüber nur Flüssigkeit, und deshalb konnte noch keine der oberen Schichten vorhanden sein, als die unterste sich bildete."

§. 1595. „Was die Gestalt der Schichten betrifft, so entsprachen sicherlich zur Zeit der Bildung einer Schicht ihre Unterfläche und Seitenflächen der Oberfläche der Körper, auf welchen sie ruhte, und von welchen sie eingeschlossen war. — Die Oberfläche oder Schicht aber war im Allgemeinen dem Horizonte parallel. Folglich sind alle Schichten,

ausgenommen die unterste, von zwei dem Horizonte parallelen Ebenen eingeschlossen, und daraus folgt wieder, dass die geneigten oder senkrecht gestellten Schichten zu einer andern Zeit dem Horizonte parallel waren."

„Diese veränderte Lagerung der Schichten und die Entblössung der Schichtenköpfe stehen nicht in Opposition mit unserm Satze, weil man in der Nähe dieser Lagenveränderungen und Zerreissungen stets offenbare Anzeichen der Wirkung des Feuers und der Gewässer sieht. Das Wasser löst die erdigen Bestandtheile auf und schwemmt sie nach Punkten, die niedriger liegen, gleichviel ob diese sich an der Oberfläche oder in den Höhlungen der Erde befinden. Das Feuer dagegen zerbröckelt alle festen Körper, die ihm Widerstand leisten, und wirft die leichtesten Theilchen nach oben in die Höhe; — oft auch schleudert es die schwersten Massen fort und giebt so Gelegenheit zur Bildung von Abstürzen, von Canälen und von Thälern auf der Oberfläche der Erde, sowie von unterirdischen Höhlen und Klüften, wodurch die Schichten in zweierlei verschiedener Art von ihrer ursprünglichen Lagerung gestört werden konnten." §. 1596.

„Die erste Art der Störung kann durch einen heftigen Stoss, den die Schichten von unten nach oben erhalten, hervorgebracht werden, und dieser Stoss selbst kann durch eine plötzliche Verbrennung unterirdischer Dämpfe, oder durch starke Luftentwickelung entstehen, welche letztere durch grosse Einstürze in der Nähe bedingt wird. Diese heftigen Erschütterungen der Schichten sind mit Pulverisirung der erdigen Bestandtheile und mit Zerbröckelung der festeren Gesteine verbunden." §. 1597.

„Die Lagenänderung der Schichten kann zweitens hervorgebracht werden durch den Einsturz der oberen Schichten, sobald die unteren, auf welchen sie ruhten, in irgend einer Weise weggeführt wurden. Die oberen Schichten spalten sich dann, und je nach der verschiedenen Richtung dieser Spalten und Klüfte nehmen die zerbrochenen Schichten sehr verschiedene Stellungen an. Die einen bleiben parallel mit dem Horizonte, andere stellen sich senkrecht, die meisten bilden mehr oder minder schiefe Winkel mit dem Horizonte, und einige, deren Stoff zäh ist, krümmen sich sogar in Bogen. Diese Veränderungen können mit allen Schichtungen vorgehen, die sich über einer Höhle befinden oder sie können auch nur die unteren betreffen, während die oberen Schichten in ihrer Lagerung bleiben."

„Diese Lagenveränderungen der Schichten erklären mit Leichtigkeit viele schwierige Verhältnisse. Man kann daraus die Ungleichheiten der Erdoberfläche, über die so vielfach hin und her gestritten wurde, erklären, ebenso die Berge und Thäler, die Becken der ober- §. 1598.

flächlichen Gewässer, die Hochebenen und die Niederungen. Ich beschränke mich hier auf die Bergketten."

§. 1599. „Folgende Thatsachen, die man in jeder beliebigen Gebirgsgegend beobachten kann, beweisen, dass die Lagenveränderung der Schichten wesentlich den Ursprung der Berge begründet:

1. Grosse ebene Flächen auf den Gipfeln einiger dieser Berge.
2. Viele horizontal gelegene Schichten.
3. Auf den Seiten der Berge viele Schichten, die mannigfaltig gegen den Horizont geneigt sind.
4. Auf den entgegengesetzten Gehängen der Hügel zerbrochene Schichten, welche an Zusammensetzung und Gestalt vollkommen gleich sind.
5. Entblösste Schichtenköpfe.
6. Am Fusse der Berggruppe Bruchstücke zerbröckelter Schichten, die theilweise in Hügeln angehäuft, theilweise über die Oberfläche des Bodens zerstreut sind.
7. Evidente Anzeichen unterirdischen Feuers, sei es in den Felsgebirgen selbst oder in ihrer Nähe. So findet man auch häufig Quellen in der Umgebung derjenigen Hügel, die aus erdigen Schichten zusammengesetzt sind. Diese Hügel ruhen meistens auf Fundamenten, welche aus grossen Bruchstücken felsiger Schichten zusammengehäuft sind, und diese Felsschichten schützen die Erdschichten, welche auf ihnen ruhen, und verhindern sie, der Erosion des Gewässers zu weichen. Ja diese unerschütterlichen Grundfesten vertheidigen oft ganze Länder gegen die Wuth des Oceans, wie dies die Riffe beweisen, welche man vor den Küsten von Brasilien und an vielen anderen Orten findet."

§. 1600. „Die Gebirge können auch auf andere Weise entstehen, nämlich durch die von innen nach aussen gehende Wirkung der unterirdischen Feuer, welche Asche und Felsstücke mit Schwefel und Erdpech speien. Die heftige Einwirkung des Regens und der Bäche trägt ebenfalls dazu bei, indem sie die felsigen Schichten wegschwemmen, welche schon durch die abwechselnde Einwirkung von Hitze und Kälte zerklüftet wurden, und ferner die erdigen Schichten auflösen, welche durch die grosse Hitze zerspalten wurden. Es folgt daraus, dass es zwei Hauptclassen von Bergen und Hügeln giebt. Die erste Art von Bergen ist wesentlich aus Schichten zusammengesetzt, und bildet zwei Unterabtheilungen, je nachdem die felsigen oder die erdigen Schichten vorherrschen. Die zweite Classe besteht aus Bruchstücken von Schichten, aus zerbröckelten Fragmenten, die ohne Ordnung durch einander angehäuft sind."

§. 1601. „Folgende Sätze lassen sich von diesen Grundlagen aus leicht ableiten und beweisen:

1. Die Gebirge unserer Tage haben nicht seit dem Ursprunge aller Dinge bestanden.
2. Die Berge wachsen nicht wie die Pflanzen.
3. Die Felsen der Gebirge haben weiter nichts mit den Knochen der Thiere gemein, als eine gewisse Aehnlichkeit in ihrer Härte. Sie gleichen ihnen weder durch ihre Zusammensetzung, noch durch ihre Entstehung, weder durch ihre Structur, noch auch durch ihren Nutzen, wenn man überhaupt über einen so wenig bekannten Punkt, als der Nutzen der Dinge ist, absprechen darf.
4. Die Kämme der Gebirge oder die Ketten, wie einige Personen sie nennen, streichen nicht nach gewissen Gegenden der Erde, eine Behauptung, die weder mit der Erfahrung, noch mit dem Raisonnement übereinstimmt.
5. Berge können umgestürzt, Felder von einer Seite auf die andere eines grossen Weges geworfen werden, Berghäupter können sich erhoben und wieder gesenkt haben, die Erde öffnete sich und schloss sich wieder an einzelnen Orten. Viele Erscheinungen dieser Art, welche von Denen, die nicht für leichtgläubig gehalten werden wollen, für Fabeln erklärt werden, sind wirklich vorgekommen und liegen durchaus nicht ausser dem Bereiche der Möglichkeit."

„Die Lagenveränderung der Schichten öffnete den Materien, welche aus der Erde aufsteigen, einen Weg nach der Oberfläche. Zu diesen anstretenden Stoffen gehören: §. 1602.

1. Gewässer, welche in bergigen Gegenden Quellen bilden und die im Innern der Berge keine Berührung mit der äussern Luft haben. Diese Quellen kommen entweder von unterirdischen Gewässern, oder sie werden durch den Druck der Luft hervorgetrieben, um dem im Innern der Erde verdichteten Wasser Platz zu machen. Diesen letztern Ursprung halte ich für sehr häufig, weil ich gesehen habe, dass in den meisten Höhlen, aus welchen reichliche Quellen strömen, alle Wände sowohl oben wie unten durchaus fest waren.
2. Winde, die aus den Gebirgen hervorbrechen und die entweder aus Luft bestehen, welche durch die Hitze ausgedehnt wird, oder auch durch die Effervescenz erzeugt werden, welche bei der Begegnung verschiedener Gase entsteht.
3. Stinkende Ausdünstungen, Producte der Verbrennung, bald heiss, bald kalt, und dergleichen mehr."

„Aus diesen Gründen können kalte und trockene Gegenden eine Art von Kochen erzeugen, auch ohne Erhitzung, und zwar jedesmal, wenn Wasser zufliesst; eine heisse Quelle kann zur Seite einer sehr kalten entspringen, — durch ein Erdbeben kann eine heisse Quelle §. 1603.

kalt werden oder ein Flnss seinen Lauf ändern. Von allen Seiten geschlossene Thäler können das Regenwasser, welches in ihnen zn Boden fällt, in niedere Orte durchsickern und dort als Quellen entspringen lassen; Flüsse, welche sich in der Erde verlieren, können an anderen Orten wieder hervorkommen. So findet man ferner oftmals beim Graben der Brnnnen nnterhalb der Wasser, die nahe an der Erdoberfläche sind, noch andere Gewässer in grösserer Tiefe, die, sobald man ihnen einmal einen Ausweg verschafft hat, weit höher springen, als die oberflächlichen Quellen; ganze Felder mit Bänmen und Gebänden, welche sie bedecken, sinken znweilen allmälig ein oder werden plötzlich verschlungen, nnd durch solche Ereignisse können grosse Seen an Localitäten entstehen, wo früher Städte standen. Die Bewohner der Ebenen sind der Gefahr ähnlicher Einstürze ansgesetzt, wenn sie nicht versichert sind, dass ihr Boden auf Felsen ruht. Zuweilen bilden sich auch Schlünde, welche pestilentielle Luft anshanchen nnd die dnrch irgend einen Körper, der hineinfällt, geschlossen werden können."

§. 1604. „Die Lagenveränderung der Schichten gab auch Gelegenheit zur Erzengung gefärbter Steine aller Art nnd öffnete Behälter für die meisten Mineralien, theils in den Spalten der Schichten, theils in den Rissen, welche in der trockenen, aber noch nicht erhärteten Masse sich bildeten, oder zwischen ihren Lamellen und in ihren Scheidungsklüften. Solche Lagerungsstätten von Mineralien bildeten sich ferner in den Zwischenräumen, die durch den Stnrz der niedrigsten Schichten zwischen den oberen und unteren Schichten ausgehöhlt wurden und endlich anch in solchen Räumen, welche durch die Auflösung der Körper, die sich darin fanden, geleert wurden."

§. 1605. „Man kann hieraus folgende Sätze beweisen:

1. Die kleinen Abtheilnngen der Gänge, welche die Berglente zn machen pflegen, beruhen auf sehr wenig gewichtigen Gründen oder selbst auf nichtigem Aberglauben, und die gebräuchliche Art des Errathens von Metallreichthnm je nach den Wurzeln nnd Aesten der Mineralien ist durchaus ungewiss.
2. Die meisten Mineralien, welche ausgebeutet werden, existiren nicht vom Uranfang der Dinge an.
3. Dnrch die Untersuchung der einschliessenden Gesteine kann man viele Dinge entdecken, welche man vergebens aus der Beobachtnng der Mineralien selbst zu entnehmen suchen würde. Denn es ist sehr wahrscheinlich, dass alle Mineralien, welche die durch Spaltnng oder Ansdehnnng erzengten Zwischenränme der Felsen erfüllen, von Dämpfen gebildet wnrden, die aus den Gesteinen selbst hervorbrachen, sei es nnn, dass dies vor der Lagenänderung der Schichten geschah, wie dies in Peru der

Fall gewesen zu sein scheint, oder auch nach derselben. So kann sich auch ein neues Metall an der Stelle eines andern erzeugen, das man schon weggenommen hat, wie man dies von dem Eisenerz der Insel Elba behauptet, ohne indess der Sache gewiss zu sein, da die Werkzeuge, welche man fand, nicht von Eisen, sondern vielmehr von Erde umgeben waren."

Man sieht aus den im Vorhergehenden gegebenen, fast wörtlichen §. 1606.
Uebersetzungen eines grossen Theiles des Prodromus von Steno, welchem die eigentliche Schrift nie folgte, dass dieser hervorragende Geist eine Menge von Thatsachen klar erfasst hatte, welche erst in unserer Zeit wieder Geltung bekamen. Er unterschied deutlich und bestimmt vulcanische und geschichtete Gesteine, und unter diesen wieder die versteinerungslosen, älteren Schichten und die jüngeren, Versteinerungen führenden Formationen. Aus der Kenntniss der ursprünglichen horizontalen Lagerung der Schichten zog Steno ähnliche Schlussfolgerungen, wie die sind, welche man heut zu Tage zur Erklärung des verschiedenen Alters der Gebirge benutzt hat. Die hier detaillirten Grundsätze suchte Steno auf den Boden von Toscana selbst anzuwenden und durch theoretische Figuren klar zu machen. Er nahm sechs verschiedene Epochen der Bodenbildung in Toscana an. In der ersten Epoche sollten sich wagerechte Schichten aus einem Urmeere abgesetzt haben, welches keine Thiere und Pflanzen enthielt. Die Ueberreste dieser Schichten erkannte Steno in der Centralkette der Apenninen, in deren Schichten man zur damaligen Zeit noch keine Versteinerungen gefunden hatte.* Steno unterschied demnach nicht mit Bestimmtheit die einzelnen plutonischen Gebilde, welche im Apennin von Toscana vorkommen, von den secundären Formationen, die sich in dieser Kette zeigen und die allerdings verhältnissmässig arm an Versteinerungen sind. Eine zweite Epoche der Bodenbildung in Toscana bestand nach Steno darin, dass die wagerecht niedergeschlagenen Schichten des Apennins durch unterirdisches Feuer und unterirdische Strömungen ausgehöhlt wurden. Ihrer Unterstützung beraubt, stürzten die oberen Schichten in der dritten Epoche ein und bildeten Berge und Thäler. Die auf diese Weise durch Einsturz gebildeten Thäler wurden nun in der vierten Epoche durch versteinerungsreiche Schichten, welche das Meer in ihnen absetzte, bis zu einer bedeutenden Höhe ausgefüllt. Uns sind diese Schichten unter dem Namen der Subapenninenformation bekannt, und auch die heutige Geologie erkennt noch den bedeutenden Unterschied an, welcher zwischen dieser Formation und der centralen Bergkette des Apennins stattfindet. In der fünften Epoche wurden, nach Steno, diese Schichten von Neuem unterhöhlt, und stürzten dann in der sechsten Epoche zusammen, wodurch die Gestalt der heutigen Bodenfläche Toscanas gegeben wurde.

§. 1607. Statt in der von Steno begründeten Richtung der Beobachtung und der gesunden Schlussfolgerung fortzufahren, verloren sich die Nachfolger in unfruchtbaren Hypothesen über die Entstehung der Erde und in mancherlei Versuchen, ihre Ideen mit den in der Bibel vorgetragenen Ansichten in Einklang zu bringen. Steno wurde vergessen. Vergebens machte der schon früher erwähnte Lister den Vorschlag, geologische Karten zu entwerfen, auf welchen man durch verschiedene Farben die Ausbreitung der Mineralien und die Beschaffenheit des Bodens angebe. Lister hatte ganz richtig eingesehen, dass man auf diese Weise einen bedeutenden Fortschritt zur Kenntniss der Zusammensetzung des Bodens machen werde, und er hatte namentlich darauf gedrungen, die Grenzen der einzelnen Gesteine mit Sorgfalt aufzunehmen und zu verzeichnen.

§. 1608. Statt diesem Vorschlage zu folgen und dadurch die Menge der Erfahrungen zu vergrössern, bemühten sich besonders Mathematiker, Astronomen und Philosophen während der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts, die Entstehung der Erde von ihrem Standpunkte aus zu erklären. Die religiöse Tendenz der Engländer, welche noch jetzt alljährlich eine Menge von Schriften erscheinen lässt, die von der Uebereinstimmung der Geologie mit der mosaischen Schöpfungsgeschichte handeln, gieht sich auch hier von Anfang an kund. Mit wahrem Enthusiasmus wurde eine Schrift von Burnet (*Telluris theoria sacra.* 1681) aufgenommen, welche diesen Gegenstand behandelt. Nach ihm war die Erde anfangs eine chaotische Masse in Kugelform, aus welcher die festeren Bestandtheile sich allmälig nach dem Innern zu niederschlugen und einen festen Kern bildeten, auf dessen Oberfläche das leichtere Wasser sich ansammelte. Die noch leichtere Atmosphäre umgab das Ganze. Indess war diese erste Trennung nur unvollständig, die obere Luftschicht namentlich enthielt noch eine Menge festeren Stoffes, und die Oberfläche des Wassers war bedeckt von öligen und anderen specifisch leichteren Flüssigkeiten. Diese Flüssigkeiten vereinigten sich nun mit den in der Luft schwebenden festeren Stoffen, die sich allmälig abschieden, und bildeten so eine feste Rinde, eine Kugelschale, welche das Wasser bedeckte. Die Erde bestand nun, nach Burnet, aus einem festen Kerne, der von Wasser umgeben war, aus einer kugeligen Schale, die das Wasser einschloss und auf welcher Thiere und Pflanzen fröhlich gediehen, und endlich aus einer atmosphärischen Hülle. Dieser Zustand dauerte eine lange Zeit. Die Kugelschale, welche das Wasser einschloss, trocknete mehr und mehr durch die Sonnenhitze aus, spaltete sich in Folge dieser Austrocknung und zerfiel endlich in Stücke, welche in das Wasser stürzten. Dies ist die Sündfluth. Da die zersprungenen Stücke unregelmässig über einander stürzten, so floss das Wasser allmälig von den höheren Thei-

len ab, und so bildeten sich nach und nach Inseln und Festland. Der Ocean ist nur ein Ueberrest jener ursprünglichen Wasserschicht, und das Festland, welches wir sehen, Stücke der Kruste, welche früher bestand. Trotz der Versuche, welche Burnet machte, um diese Theorie mit der Bibel in Einklang zu setzen, wurde er dennoch der Ketzerei beschuldigt; — aber nichtsdestoweniger war seine Theorie auf lange Zeit hin der Zankapfel, um welchen Fromme und Nichtfromme sich stritten.

Einen ähnlichen geologischen Roman stellte Woodward einige Jahre später auf unter dem Titel: *An essay towards the natural history of the earth.* 1686. Dieser hatte wesentliche Verdienste dadurch, dass er ein bedeutendes Naturaliencabinet anlegte, in welchem besonders viele Versteinerungen sich fanden, und zugleich einen geologischen Lehrstuhl in Cambridge stiftete. Seine Theorie ist ebenso grundlos, wurde auch ebenso lebhaft discutirt wie die vorige, bedarf aber weiter keiner besondern Berücksichtigung, da wir schon an Burnet gesehen haben, von welcher Art diese Speculationen waren. §. 1609.

Descartes, von mechanischen Principien ausgehend, versuchte in seinen *Principes de la philosophie.* 1685, eine Theorie der Erdentstehung, die allerdings manchen heutigen Ansichten schon näher kam. Die Erde war, nach ihm, ursprünglich ein Fixstern, dessen Oberfläche sich verdunkelte und durch Erkaltung aus gröberen Materien eine feste Rinde sich umbildete, in deren Innerm das ursprüngliche Feuer noch fortbrannte. Diesem feuerflüssigen Centralkerne der Erde schrieb Descartes die Entstehung der Erzgänge im Innern der Gebirge zu. §. 1610.

In ähnlicher Weise begriff auch Leibnitz in seiner *Protogaea*, verfasst 1693 und publicirt erst 1740, die Entstehung der Erde. Nach ihm war die Erde ebenfalls ursprünglich ein feuerflüssiger Fixstern, der sich auf der Oberfläche verschlackte, mit Sand bedeckte und unregelmässig erkaltete, so dass die Rinde eine Menge von Höhlungen und Blasen erhielt. Bei zunehmender Erkaltung schlug sich das anfänglich dampfförmige Wasser in fester Gestalt auf die Erde nieder und überschwemmte dieselbe, zog sich aber allmälig zurück, indem die Blasenräume der verschlackten Erdrinde nach und nach aufbrachen und sich mit Wasser erfüllten. Auf diese Weise suchte Leibnitz das allmälige Hervortreten des Festlandes über die Wasserfläche zu erklären. §. 1611.

Aehnliche Träumereien gab später Whiston in seiner *New theory of the earth.* 1708, zum Besten und basirte dieselben sonderbarer Weise auf sehr ausführliche Berechnungen. Der grosse Komet von 1680 hatte ohne Zweifel Whiston den Gedanken eingegeben, dass die §. 1612.

Erde früher ein Komet gewesen sei, dessen chaotische Masse sich, seiner Meinung zufolge, allmälig durch die Schwere sonderte und mehre Schichten bildete, die nach ihrer specifischen Schwere über einander lagerten und durch wässerige Schichten von einander getrennt waren. Die Sündfluth war bedingt durch einen ungeheuren Kometen, in dessen mit Wasser gefüllten Schweif die Erde gerieth und so überschwemmt wurde. Whiston berechnete Tag und Stunde dieses Ereignisses und nicht minder die genaue Zeit des Eintrittes der letzten Zerstörung und des jüngsten Gerichtes.

§. 1613. Den Gipfelpunkt dieser phantastischen Tendenz, wenn auch nicht in religiöser Richtung, bildete endlich Buffon mit seiner so berühmten Theorie der Erde, welche gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts (1743) erschien. Buffon überliess sich indess nicht bloss leeren Träumereien, sondern suchte zugleich auch durch Versuche seine Theorien zu begründen. Wir haben schon früher seine Experimente über die Erkaltung glühender eiserner Kugeln angeführt. Ihm war die Erde ebenfalls ein ursprünglich feuerflüssiger Körper, ein losgerissener Theil der Sonne, der sich allmälig abkühlte und durch unregelmässige Zusammenziehungen auf der schlackigen Kruste Berge und Thäler erzeugte. Das in der Atmosphäre dampfförmig aufgelöste Wasser schlug sich nach dieser Bildung der Berge und Thäler durch Aufreissung und Erkaltung der Erdrinde auf derselben nieder, löste einen Theil der Schlackenmassen auf und liess die aufgelösten Stoffe wieder in Gestalt von schichtenförmigen Niederschlägen fallen. In dem Meere, welches diese Niederschläge lieferte, lebten Thiere, auf dem festen Lande wuchsen Pflanzen; — die fortdauernde Erkaltung des Erdballs, die Buffon viel zu hoch anschlug und die dadurch bedingte Zusammenziehung der Erdrinde erzeugten nun von Zeit zu Zeit gewaltige Zerstörungen; die Erdrinde spaltete sich, das Wasser drang durch die Risse der Kruste bis auf den glühenden Kern ein, verwandelte dort sich in Dampf und verursachte nun ungeheure Explosionen, durch welche die Schichten zerworfen, das Meer emporgeschleudert und die lebenden Wesen ganz oder theilweise vernichtet wurden. Buffon unterschied in dieser Weise sechs Perioden der Ruhe, Natur-Epochen, welche durch Revolutionen von einander getrennt waren, und während deren das organische Leben auf der Erde immer tiefer und tiefer sank, weil die Erkaltung des Erdballs stets mehr und mehr zunahm. Die blühende, eigentlich prächtig zu nennende Sprache, in welcher Buffon's Werk geschrieben war, die scheinbare Bekräftigung seiner Theorie durch genauere physikalische Versuche erwarben derselben viele Anhänger, deren Enthusiasmus indess nicht lange anhalten konnte, da die aus der Beobachtung gewonnenen Thatsachen allmälig die unreifen theoretischen Speculationen verdrängten.

In dem Laufe des 18. Jahrhunderts entwickelte sich allmälig jener philosophische Skepticismus, der auf die Behandlung der Naturgeschichte namentlich den wesentlichsten und heilsamsten Einfluss hatte. Man kehrte von den unfruchtbaren theoretischen Träumereien zu den einfachen Beobachtungen zurück, und wenn man früher in das Extrem der Speculation verfallen war, so führte andererseits die Richtung von Linné namentlich fast zu dem entgegengesetzten Exstreme systematischer Trockenheit. Ueberall begann ein genaueres Eingehen in die Beobachtung selbst und Benutzung dieser Beobachtungen zu natürlichen, einfachen Schlussfolgerungen, die man nicht weiter ausspann, als eben die Basis der Beobachtung reichte. Zwei Deutsche gingen hier namentlich voran, wie denn überhaupt die von Agricola angebahnte Richtung stets der praktischen Geognosie in Deutschland viele Bearbeiter zuwandte, und die vielen Bergwerke des Erzgebirges besonders alljährlich eine grosse Anzahl von Leuten bildeten, welchen eine genaue Beobachtung der Lagerungsverhältnisse als erste Bedingung zu ihrem Geschäfte erscheinen musste. §. 1614.

Die beiden Zeitgenossen, von welchen hier die Rede ist, heissen Lehmann und Füchsel. Der erstere dieser Männer, welcher seine Beobachtungen hauptsächlich in dem Mansfeldischen sammelte, hatte das Kupferschiefergebirge und die dasselbe einschliessenden Schichten mit grosser Genauigkeit untersucht, und in seinem Werke: „Versuch einer Geschichte von Flötzgebirgen. 1736," schon mit grosser Schärfe die älteren Flötzgebirge, zu welchen der Kupferschiefer gehört, von den jüngeren Formationen getrennt. Lehmann sprach zuerst mit Bestimmtheit die Ansicht aus, dass die Formationen sich überall in derselben Reihenfolge überlagerten. §. 1615.

Noch wichtiger waren die Arbeiten seines Zeitgenossen Füchsel, welche hauptsächlich Thüringen zum Gegenstande hatten. (*Historia terrae et maris, ex historia Thuringiae per montium descriptionem erecta. Act. Academ. Moguntiae.* 1762. Entwurf der ältesten Erd- und Menschengeschichte. 1773.) Füchsel unterschied auf das Genaueste die einzelnen in Thüringen vorkommenden Formationen, deren Begriff er zuerst genauer entwickelte. Er nahm zuerst wieder die Ansichten Steno's von der nothwendigen ursprünglichen Horizontalität der Schichten auf und folgerte, wie dieser, dass alle geneigten Schichten durch spätere Hebungen oder Senkungen aus ihrer ursprünglichen Lagerung gebracht worden seien. Er erkannte ferner, dass gewisse Gruppen von Schichten zusammengehören, und eine jede solche Gruppe, die er „Formation" nannte, bezeichnete nach ihm eine Epoche in der Geschichte der Erde. Auch die Unterschiede zwischen Süsswassergebilden und Meeresformationen hatte Füchsel scharf aufgefasst und aus abwechselnden Ueberschwemmungen des Festlandes §. 1616.

durch Gewässer oder das Meer zu erklären gesucht. Füchsel war zugleich der erste Geognost in Deutschland, welcher eine geologische Karte und dazu gehörige Durchschnitte verfertigte. Ueberhaupt kann man die von ihm zusammengestellte Karte von Thüringen vielleicht die erste geologische Karte nennen, da sie wirklich die Grenzen der Formationen in dem Sinne angab, wie wir sie heute noch begreifen, während frühere Versuche solcher Karten in England durch Packe 1743 und in Frankreich durch Guettard hauptsächlich nur die Localitäten der häufiger vorkommenden Mineralien anzugeben sich bestrebten.

§. 1617. Pallas war der Nachfolger dieser praktischen Geognosten, welche sich nur auf ein kleines Gebiet beschränkt hatten. Er suchte seinem umfassenden Geiste gemäss die weitläufigen Beobachtungen, welche er durch grosse Reisen auf dem Boden des russischen Reiches gesammelt hatte, in ein systematisches Ganze zu bringen. Pallas unterschied in seinem Werke: *Observations sur la formation des montagnes.* 1777, in den Bergketten zuerst die Kerne aus Urgebirgen, besonders aus Granit gebildet. Der Granit setzte, nach Pallas, überall die höchsten und centralen Gipfel der Bergketten zusammen. Ferner unterschied Pallas drei Ordnungen von geschichteten Gebirgen, welche nach den granitischen Centralkernen entstanden seien. Pallas' Reisen hatten ihn von den Alpen bis zu dem Ural, dem Altai und dem Kaukasus geführt, und überall wollte er in seinen Beobachtungen nur die Bestätigung seines Systemes gefunden haben. Auf den granitischen Centralkernen der Gebirge lagern nach ihm überall unmittelbar schieferige Gesteine, die aus der Zerstörung des Granites hervorgegangen sind und grosse Mengen von Schwefelmetallen enthalten, durch deren zufälligen Brand die vulcanischen Erscheinungen bedingt werden. Die Gebirge zweiter Ordnung waren wesentlich Meeresniederschläge und diejenigen der dritten Ordnung hauptsächlich aus Kalk gebildet. Die Verwerfungen der Schichten waren, nach Pallas, durch vulcanische Ausbrüche bedingt, und die furchtbarste und letzte dieser Eruptionen hatte die Inseln der Südsee und die amerikanische Küstenkette in die Höhe gehoben. Die ungeheure Bewegung des Meeres, welche durch diesen furchtbaren Ausbruch erzeugt wurde, hatte eine gewaltige Fluth von Süd nach Nord zur Folge, wodurch der europäisch-asiatische Continent überschwemmt, und die Leichen seiner Bewohner in die Ebenen von Russland und Sibirien fortgespült wurden. Auf diese Weise suchte Pallas die ungemeine Häufigkeit der Ueberreste von Elephanten und Nashörnern im nördlichen Sibirien zu erklären, und da man zu seiner Zeit gerade den noch unversehrten Leichnam eines Mammuth mit Fleisch, Haut und Haar in dem sibirischen Eise gefunden hatte, so gab Pallas seiner Sündfluth eine ungemeine Schnelligkeit, wodurch

die todten Thiere aus den südlichen Gegenden des asiatischen Continentes in das Bereich des Polareises geführt werden konnten, ehe noch die Fäulniss begonnen hatte.

Gleichzeitig mit Pallas waren in Frankreich einige bedeutende Männer bemüht, auf die Beobachtung zurückzugehen und von dieser aus natürliche Schlussfolgerungen über die geologischen Verhältnisse herzustellen. Der vorragendste dieser Männer war Dolomieu, der seine Beobachtungen namentlich auf die vulcanischen Erscheinungen und Gesteine ausdehnte. Die vulcanischen Gebiete Siciliens und Italiens, besonders die Inseln, wurden von ihm sehr genau untersucht, und nicht minder die erloschenen Vulcane der Auvergne einer näheren Aufmerksamkeit gewürdigt. Dolomieu erkannte schon richtig, dass die vulcanischen Erscheinungen nicht von oberflächlichen Erdbränden herrühren, wie später noch die Werner'sche Schule behauptete, noch auch oberhalb des Urgebirges in den Schwefelkiesen der Schiefergebirge ihren Grund haben, wie Pallas wollte. Dolomieu hatte richtig beobachtet, dass die Vulcane von Central-Frankreich mitten aus dem granitischen Plateau hervorbrechen, dass also ihre erzeugende Ursache unter dem Granit selbst liegen müsse. Allein die Folgerungen, welche man aus diesen Beobachtungen ziehen konnte, wurden später durch den Einfluss der Werner'schen Schule übertäubt. Dolomieu war zugleich der Erste, welcher gesunde Ansichten über das Nilthal und die Anschwemmungen überhaupt verfocht, noch ehe er dasselbe genauer untersucht hatte. Er beendigte seine Laufbahn mit der Untersuchung Aegyptens in Begleitung Bonaparte's. §. 1618.

Mit ebenso grossem Eifer, aber mit weit geringerer Gründlichkeit in der Beobachtung widmete sich Faujas de St. Fond dem Studium der vulcanischen Gebilde, und zwar namentlich der erloschenen Vulcane in Frankreich und Deutschland. Die Liebe zum Wunderbaren und eine eigenthümlich phantastische Richtung in der Auffassung und Darstellung liess die von Faujas verfassten Schriften (*Recherches sur les volcans éteints du Vivarais et du Vélay*, 1778, *Histoire de la montagne de St. Pierre à Maestricht etc.*) eher als anziehende Gemälde, denn als gründlich wissenschaftliche Abhandlungen ansehen, obgleich man auch in dieser Verwerfung wieder zu weit ging und seine wirklichen Verdienste vergass. Die grossartigen Trappgebilde von Schottland, Irland und den Hebriden wurden eigentlich erst durch Faujas für die Naturforscher entdeckt, und die prachtvollen Zeichnungen, mit welchen er seine Werke ausstattete, bieten noch heute werthvolle Beiträge zur Geologie. Indessen waren die Anstrengungen der beiden genannten Männer im Vergleiche zu den Fortschritten der Geologie in Deutschland nur von geringerem Erfolg begleitet, da man einerseits noch durch die Buffon'schen Phrasen geblendet §. 1619.

war und andererseits auch der Berghau in Frankreich in der damaligen Zeit keinen Anhaltspunkt für die geologischen Wissenschaften bot.

§. 1620. In der Schweiz war gegen das Ende des 18. Jahrhunderts der bedeutendste aller rein heobachtenden Geognosten in der Person des Horace de Sanssnre aufgetreten. Mit den ausgebreitetsten physikalischen Kenntnissen ausgerüstet, begünstigt durch ein unabhängiges Vermögen, welches ihm jeden Anfwand erlanbte, setzte sich dieser Mann die Erforschung der vaterländischen Gebirge, der Alpen, zum Vorwurf, und führte während langjähriger Reisen diese Vorsätze vollständig durch. Sein Werk (*Voyages dans les Alpes.* 1770—1796) ist ein unerreichtes Muster klarer einfacher Darstellung, und namentlich sind die Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse des Alpenlandes wahrhaft classisch für alle Zeiten. In den Alpen war damals noch alles zu thun. Die Topographie dieser weitläufigen Gebirgskette im Herzen Europas war damals kaum so hekannt, als diejenige des Himalaya in unserer Zeit, und so unglaublich es auch scheinen mag, so ist es doch vollkommen wahr, dass man Saussure den Entdecker des Chamonnithales nennen kann. Saussure war der Erste, der die unendlichen Schwierigkeiten überwand, die damals noch der Besteigung der Gletscher und der Spitzen der Alpen entgegenstanden; er wagte zuerst längere Zeit auf hedeutenden Höhen zu verweilen, und sein zehntägiger Aufenthalt auf dem Col de Géant ist unendlich fruchtbringender für die Physik der Alpengegend gewesen, als die Besteigung des Mont Blanc.

§. 1621. Die Lagerungen der Gesteine in den Alpen und ihre mineralogischen Charaktere wurden zwar üherall von Saussure äusserst genau beschrieben, allein zu allgemeineren Schlussfolgerungen üher die Structur der Alpen im Ganzen kam er trotz seiner ausgebreiteten Kenntniss der Details doch nicht. Er erkannte sehr richtig, dass die Ketten geschichteter Gebilde, welche die Centralaxe eines Gehirges umgeben, mit diesem letzteren parallel streichen und ihre sanften geneigten Schichtflächen nach aussen hin ahfallen lassen, während die steilen Wände der abgerissenen Schichtenköpfe nach innen gegen den Centralkern hin gekehrt sind. Ohgleich Saussure diese Erscheinung sowohl an den Alpen als in dem Jura an vielen Orten nachwies und sogar ihre Allgemeinheit behauptete, so kam er doch nicht darauf, den Grund dieser Erscheinung in der Hebung der Centralkerne zu suchen, wie dies später von L. v. Buch geschah. So war Saussure ferner einer der Ersten, welche aus der steilen Aufrichtung von Conglomeraten bei Valorsine, die grosse Rollsteine in einem sehr feinkörnigen Sediment enthalten, folgerte, dass diese Schichten sich nur in horizontaler Lagerung gebildet haben könnten und erst nach ihrer Erhärtung

aufgerichtet sein müssten. Diese Folgerung aber auf sämmtliche Schichten der Alpen auszudehnen und die ursprüngliche Horizontalität der Schichten als allgemeines Gesetz zu behaupten, wie schon Steno und Füchsel gethan hatten, fiel Saussure wiederum nicht ein.

Saussure's Beobachtungen über Gletscher sind ausgezeichnet. §. 1622.
Die physikalischen Bedingungen und Verhältnisse derselben sind von ihm mit vielem Scharfsinn untersucht, eine eigene Theorie ihrer Bewegung aufgestellt worden. Zum Theil kennt er auch die geologischen Spuren früherer Gletscherbedeckung; er beschreibt an vielen Orten alte Moränen, die weit von den Gletschern thalabwärts sich finden; allein auch aus diesen Beobachtungen zog Saussure nicht den Schluss auf die frühere allgemeine Vergrösserung der Gletscher. Die Verbreitung der Findlingsblöcke suchte Saussure dadurch zu erklären, dass er annahm, die Schweiz habe einst einen grossen See gebildet, der durch den Anschluss des Jura an die Alpen geschlossen gewesen sei. An der Perte du Rhône habe dieser See plötzlich durch Zerspaltung des Jura einen Ausfluss bekommen und eine bedeutende Strömung gebildet, wodurch die Blöcke von der Centralkette her über die Ebene und bis auf den gegenüberliegenden Kamm des Jura zerstreut worden seien. Auch diese Erklärung ist wohl nicht eine glückliche zu nennen, und wir können deshalb mit vollem Recht sagen, dass Saussure ein ausgezeichneter, scharfsinniger Beobachter, ein Physiker und Geognost vom ersten Range war, dass ihm aber das Talent, aus seinen Beobachtungen allgemeinere Schlüsse zu ziehen, so ziemlich abging. Classisch und für unsere Zeiten auch noch höchst brauchbar ist deshalb seine Anleitung zur geologischen Beobachtung, die er unter dem Titel *Agenda geognostica* herausgab.

Zeitgenosse von Saussure war ein anderer Genfer, S. A. de Luc, §. 1623.
der indess hinsichtlich der Schärfe der Beobachtung weit hinter seinem berühmten Mitbürger zurückstand. De Luc repräsentirte wesentlich die Buffon'sche Schule, und der Neid gegen seinen Zeitgenossen bewog ihn, überall, wo Saussure eine einfache natürliche Ansicht aufgestellt hatte, irgend ein Phantasiegemälde derselben entgegenzusetzen. Die Beobachtungen de Luc's, welche besonders in seinen *Lettres sur l'histoire physique de la terre*, 1792—1795, niedergelegt sind, können demnach in unserer Zeit füglich übergangen werden, während diejenigen Saussure's noch stets eine unerschöpfliche Quelle von Belehrungen darbieten.

Noch in die letzte Zeit des Wirkens von Saussure fällt der An- §. 1624.
fang der Laufbahn eines Mannes, welcher stets in der Geschichte der Geologie als eine der vorragendsten Persönlichkeiten erkannt werden wird. Dieser Mann war A. G. Werner, geboren 1750, gestorben 1817,

während der grössten Zeit seines Lebens Professor an der Bergwerkschule in Freiberg. Die Nothwendigkeit, genau auf das Verhalten der Gänge zu achten, um den Grubenbau mit gehörigem Nutzen durchzuführen, hatte schon seit Agricola's Zeiten auf eine gewisse Schärfe der Beobachtung hingelenkt, welche in Werner ihren Glanzpunkt fand. Um den Einfluss, welchen dieser Mann durch die Stiftung einer eigenen Schule in der Geologie sich erwarb, gehörig ermessen zu können, ist es nöthig, in ihm einerseits den nüchternen, ruhigen Beobachter, der nach vorgestecktem Plane und genauer Ordnung vorwärts schreitet, andererseits den Theoretiker zu unterscheiden, welcher von den gemachten Beobachtungen ausgeht und daraus allgemeinere Schlüsse zieht. Während in ersterer Beziehung Werner Ausgezeichnetes leistete und die von ihm aufgestellten Principien der Stratigraphie noch heute vollkommene Anerkennung finden müssen, war er als Theoretiker sogar im Beginne seines Auftretens schon hinter seinen Zeitgenossen zurück und stiftete durch die Hartnäckigkeit, womit er seine Ansichten auch später beibehielt, wohl mehr Schaden als Nutzen. Werner beschäftigte sich zuerst mit der genaueren Feststellung der äusseren Kennzeichen der Gesteine und zwar sowohl der einfachen Mineralien als auch namentlich der zusammengesetzten Felsarten. Die herrschende Verwirrung in der Nomenclatur der Gesteine wurde durch Werner und seine Schüler aufgehoben, und allgemein gültige Bezeichnungen eingeführt, die noch heute in der Wissenschaft ihre Geltung haben.

§. 1625. Dieselbe Schärfe der Beobachtung, welche Werner schon auf die äusseren Kennzeichen der Mineralien verwandt hatte, und dieselbe Klarheit in den Begriffsbestimmungen führte er nun auch in die eigentlich geognostischen Forschungen ein. Die räumlichen Verhältnisse der Schichten sowohl an und für sich als auch im Verhältniss zu anderen Schichten oder ungeschichteten Gesteinen sollten nach genauen Normen bestimmt und gleichmässige Bezeichnungen für diese Lagerungsverhältnisse eingeführt werden. Das Streichen und Fallen der Schichten, die Lagerung im Verhältniss zu dem Liegenden und dem Hangenden und eine Menge ähnlicher Beobachtungen wurden als höchst nothwendig zur näheren Erörterung der geologischen Structur einer Gegend dargestellt und damit zugleich feste Richtschnuren aufgesteckt, nach welchen der Beobachter in vorliegenden Fällen gehen konnte. Für die einzelnen Arten der Auflagerung wurden bestimmte Wortbegriffe aufgestellt, und durch alle diese Bestrebungen in die früher planlosen geognostischen Untersuchungen eine grosse Uebereinstimmung und Klarheit gebracht. Wenn Werner keine anderen Verdienste um die Geologie gehabt hätte, als diese Herstellung einer bestimmten Ordnung und einer allgemeinen Ausdrucksweise für dieselben, so würde er schon der Gesetzgeber der Geologie genannt werden müssen.

Die genauere Beobachtung der sächsischen Gebirgsformationen, welche Werner einzig kannte, da er nie weitere Reisen gemacht hatte, führte nun zu schärferer Analyse dieser Bildnngen selbst. Werner nahm vor allen Dingen den Begriff der Formation, welche Füchsel eingeführt hatte, wieder auf und erweiterte denselben. Wenn Füchsel die Formation als eine Reihenfolge von Schichten begriff, welche sich unter gleichen Verhältnissen unmittelbar nach einander gebildet haben, und somit gleichsam einen historischen Begriff des Wortes „Formation" aufstellte, so fasste Werner im Gegentheile als Formation alle diejenigen Gebirgsarten zusammen, welche gleiche Bestandtheile darbieten. Die Erdrinde im Allgemeinen zeigt eine sehr einfache Zusammensetzung, und die einzelnen Glieder, wie Kalk, Schiefer, Sandstein u. s. w., kehren überall wieder. Diese wiederkehrenden Glieder nannte denn Werner die Formationsreihen, deren er sechs oder sieben unterschied. Die Formation nach Füchsel'schem Begriff wurde von ihm ein „Lagerungsganzes" genannt. §. 1626.

Von der Ueberzeugung ausgehend, dass die Erdrinde überall in wesentlich gleicher Weise zusammengesetzt sei, bestimmte nun Werner genau die Formationsreihe des sächsischen Landes und stellte danach ein eigenes System der Bildung der Erdrinde im Allgemeinen auf. Nach ihm war der ganze Erdball aus dem Wasser hervorgegangen, und demnach die Schichtung ein wesentlicher Charakter der mineralischen Bestandtheile. Aus dem Wasser hatte sich zuerst das Urgebirge in krystallinischer Form niedergeschlagen, das wesentlich aus Granit, Gneiss, Syenit u. s. w. bestand, und das erste feste Gerippe bildete, um welches herum dann die anderen Formationen sich anlagerten. Nach dem Urgebirge kam nun die Gruppe der Uebergangsgebirge, welche hauptsächlich aus den Trümmern des Urgebirges zusammengesetzt waren. Die schriefrigen Gebilde aller Art, welche die granitischen Gesteine umlagern, die Thonschiefer, Grauwacken, Conglomerate u. s. w., bildeten nebst dem Uebergangskalkstein diese zweite Gruppe der Werner'schen Formationsreihe. §. 1627.

Eine dritte Gruppe umfasste die Secundärgebilde oder das Flötzgebirge, welches in verschiedene Abtheilungen zerfiel. §. 1628.

Die ältesten Flötzschichten waren gebildet von dem rothen Todtliegenden oder dem älteren Sandsteine und den Steinkohlen, und begriffen überhaupt alle Schichten zwischen dem Uebergangsgebirge einerseits und dem Zechsteine andererseits. Der Zechstein selbst bildete eine zweite besondere Gruppe, auf welche als dritte Gruppe der bunte Sandstein oder der jüngere Sandstein mit Gyps und Steinsalz folgte. Besonders abgetrennt von dem bunten Sandstein, dem Gypse und dem Steinsalze war der Muschelkalk oder jüngere Flötzkalk, auf welchen dann als jüngste Bildung in der Reihe des Flötzgebirges der Quader-

sandstein folgte. Alles, was sich über dem Quadersandsteine befand, wurde ohne Weiteres als aufgeschwemmtes Land bezeichnet und nicht weiter in einzelne Epochen geschieden, wenn auch die mineralogische Verschiedenheit einzelner Glieder anerkannt wurde.

§. 1629. Ueberblickt man die Formationsreihe Werner's im Vergleich mit einer geologischen Karte Sachsens, so zeigt es sich, dass dieselbe noch heute so ziemlich der treue Ausdruck der Bildung dieses Landes ist, und dass somit nur die Generalisirung derselben auf die ganze Erdoberfläche ein Unrecht war, welches sich leicht daraus erklären liess, dass Werner eben nicht Gelegenheit gehabt hatte, Beobachtungen in entfernteren Ländern zu machen.

§. 1630. Die sächsischen Lande bieten überhaupt in ihrer Zusammensetzung keine sehr scharfe Grenze zwischen vulcanischen und neptunischen Bildungen dar. Ausser dem granitischen Centralkerne des Erzgebirges, der indess zum grossen Theile durch schiefrige Gebirge überdeckt ist, finden sich zwar noch Porphyre und hier und da Basalte, wenngleich in sehr unbedeutender Ausdehnung. Die Lagerungsverhältnisse der Porphyre aber sind meistens sehr undeutlich, und gewöhnlich sieht man sie in übereinstimmender Schichtung mit dem rothen Todtliegenden. Deshalb betrachtete Werner auch den Porphyr als ein Glied dieser Formation, und erst in späterer Zeit erkannte man einzelne Durchbrüche, und durch Beobachtung im Grossen auch abweichende Lagerung der schichtenförmig auftretenden Porphyrmassen.

§. 1631. Die sächsischen Basalte verhielten sich auch nicht so, dass man aus ihrer Kenntniss eine richtige Ansicht über das Herkommen derselben gewinnen konnte. Sie bildeten schichtenförmige Ausbreitungen auf den höchsten Plateaus, welche sogar über Torf und Braunkohlen hinweggriffen, und deshalb wurden sie als der jüngste Niederschlag des aufgeschwemmten Landes betrachtet.

§. 1632. So kam es denn, dass sich Werner eine rein neptunische Ansicht von der Entstehung der Erde ausbildete. Nach ihm hatten sich alle Gebirgsarten ohne Ausnahme aus einer allgemeinen Auflösung auf dem Meere niedergeschlagen, welches von Zeit zu Zeit angeschwollen und dann wieder zurückgesunken war. Durch diese abwechselnden Meeresbedeckungen erklärte Werner den Untergang der früheren organischen Schöpfungen und die Entstehung des festen Landes. Zuletzt sollte das überflüssige Wasser an den Polen gefroren sein und so das Meer sein jetziges Niveau erhalten haben. Die Thäler und Einschnitte aller Art, welche man in der Erdrinde findet, waren, nach Werner, lediglich ein Product der Erosion durch das Meer, welches bei seinem Rückzuge gewaltige Strömungen gebildet und so hier und da Auswaschungen verursacht hatte. Deshalb waren denn, nach Werner, die Thalwände

hauptsächlich aus den durchwaschenen Schichten gebildet und mussten auf beiden Seiten des Thales einander correspondiren. Es ist leicht einzusehen, dass diese Theorie der Thalbildung der sächsischen Schweiz entnommen war, wo allerdings die Thäler zwischen mehr oder minder beschränkten Plateaus ausgewaschen sind, die ans horizontalen Schichten von Quadersandstein bestehen. Wer nur die Gegend von Paris oder die Ebene der Gascogne kennte, würde eine ganz gleiche Theorie der Thalbildung aufstellen.

Eine einfache Folgerung aus der neptunischen Ansicht Werner's §. 1633.
war eben die, dass alle Schichten bei ihrem Ursprung eine der Horizontalität annähernde Lage gehabt hätten. Leider war aber Werner in dieser Beziehung von der unerschütterlichen Consequenz Steno's zurückgewichen nnd lehrte im Gegensatze zu diesem, dass anch Schichten, welche etwa bis zu 30⁰ geneigt seien, in dieser Lagernng sich unmittelbar niedergeschlagen haben könnten und nicht einer späteren Anfrichtung ihre Neigung verdankten. Grössere Neigung der Schichten glaubte Werner ebenfalls späteren Veränderungen der Lagerung zuschreiben zu müssen; allein er hielt diese Aenderungen nur für sehr locale nnd beschränkte Erscheinnngen, bedingt durch den Einsturz von Höhlungen, durch Bergschlipfe oder ähnliche, auf kleinen Strecken wirksame Ursachen, welche auf die Lagernng im Ganzen keinen weiteren Einfluss haben könnten. Dass Bergketten von 100 nnd mehr Meilen Erstrecknng, wie die Alpen, auf beiden Seiten von Gürteln steil aufgerichteter Schichten umgeben sein könnten, war ihm zur Zeit, als er sein System aufstellte, unbekannt, und später verhinderte ihn die durch das Alter bedingte Unzugänglichkeit, sein System nach den unterdessen bekannt gewordenen Thatsachen zn ändern.

Der schwache Pnnkt des Werner'schen Systems war die unzu- §. 1634.
längliche Berücksichtigung der vulcanischen Erscheinnngen. Die Vulcane waren für Werner nur locale Phänomene, Erdbrände der oberflächlichen Schichten, bedingt durch die Entzündung von Steinkohlenflötzen oder ähnlichen Anhänfnngen brennbarer Mineralien. Es entsprang diese Geringschätzung der Vulcane und die Verkennnng der älteren vnlcanischen Gebilde ebenfalls wesentlich aus der Unkenntniss Werner's, dessen Untersnchnngen sich nur auf einen kleinen Fleck Landes beschränkt hatten. Diese Vernachlässigung der vulcanischen Gebilde war es hanptsächlich, welche den Sturz seines Systemes herbeiführte, das eine Zeit lang fast allein in der Geologie herrschte.

Der Enthusiasmus, welchen Werner unter seinen Schülern er- §. 1635.
regte, war vorzüglich dem glänzenden Vortrage des Lehrers znznschreiben, der seine Znhörer wirklich für die Wissenschaft, die er vortrug, zu begeistern wusste. Aus allen Ländern strömten wissbegierige

Jünglinge nach Freiberg, nm aus dem Mnnde des Lehrers jene Ansichten zn vernehmen, die ganz Europa erfüllten. Werner gehörte zu jenen Männern, die bei einer grossen Gabe mündlicher Beredtsamkeit nur schwer dazn zu bringen sind, durch die Schrift ihre Ansichten zu verbreiten, und man musste deshalb, wenn man nicht die mehr oder minder missverstandenen Angaben der Schüler genügend fand, seine Vorlesungen selbst anhören, um den Kern seiner Ansichten zu durchdringen. Ueber seine allgemeinen Theorien hat Werner selbst nie Etwas geschrieben, vielleicht ein Beweis, dass er die starre Form, in welche er die Wissenschaft gegossen hatte, wohl als einen zweckmässigen Anhaltspunkt zu mündlichen Vorträgen betrachtete, allein dennoch für weitere Kreise für unzureichend fand. Dagegen ist seine Schrift über die Entstehnng der Gänge ein wahres Muster gründlicher Darstellnng, wie schon oben bei der Behandlung dieses Gegenstandes erwähnt wnrde, und die meisten Sätze, welche er darin aufgestellt, gelten noch heute in ihrem ganzen Umfange.

§. 1636. Den neptunischen Ursprung der Basalte vertheidigte Werner noch lange nachdem seine meisten Schüler diese Ansicht verlassen hatten. So gross aber war die Ehrfnrcht, welche die Schüler vor dem Meister hatten, dessen liebenswürdige Persönlichkeit ihnen theuer nnd werth war, dass die meisten derselben erst nach Werner's Tode ihre Ansichten über den Basalt unumwunden darlegten, indem sie ihrem Lehrer durch diesen Widerspruch keinen Aerger verursachen wollten. Wenn dies einerseits den schönsten Beweis für das gegenseitige Verhältniss Werner's nnd seiner Schüler liefert, so muss man auf der anderen Seite dennoch eingestehen, dass eine Wissenschaft sich noch in der Kindheit befindet, in welcher die Persönlichkeit eines verdienten Mannes der Stimme der Wahrheit Schweigen gebieten kann. Sobald einmal die Thatsachen in einer Wissenschaft sich so sehr gehäuft haben, dass die unmittelbaren Schlussfolgerungen daraus znr Herstellnng eines vollständigen theoretischen Gebäudes genügen, so hört dieses nnbedingte Gewicht der Persönlichkeit auf, während in unentwickeltem Zustande der Wissenschaft jeder Widerspruch als directer Angriff und persönliche Opposition aufgefasst wird. Es ist natürlich, dass eine jede nachfolgende Generation mit leichter Mühe und in geringer Zeit den Weg dnrchläuft, den ihre Vorfahren mit Anstrengung während ihres ganzen Lebens ebenen mussten. Die Dankbarkeit, welche man gegen diese Vorgänger haben muss, besteht aber nicht darin, dass man nun den von ihnen angebahnten Richtungen ohne Weiteres folgt und auch ihre Irrthümer vertheidigt, sondern vielmehr in dem Befolgen des moralischen Beispiels, welches sie uns gaben, und in Bekämpfnng der Irrthümer, in welche auch sie verfielen.

Die Schule von Werner blühte hauptsächlich in den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts und in dem Beginne des jetzigen, sie führt uns also unmittelbar der Zeit näher, in welcher wir selbst leben. Noch lange wirkten einige unmittelbare Schüler Werner's an der Spitze der geologischen Wissenschaft, und in allen Ländern erkennt man den Einfluss, welchen die Apostel des Meisters von Freiberg auf die Gestaltung der Geologie ausübten. Wenn wir hier Einiges von den Schülern Werner's und deren Nachfolgern, also den geologischen Bestrebungen der jetzigen Zeit sagen, so geschieht dies hauptsächlich in der Absicht, unsere Leser dem Stande der Wissenschaft entgegenzuführen, welcher in den früheren Capiteln dieses Werkes angedeutet ist. Es ist schwer, über Lebende zu schreiben. Die Anerkennung wird leicht zum Lobe und die Kritik zum Tadel, und es begegnet einem Jeden leicht, dass er diejenigen Arbeiten, welche nicht in der Richtung verfasst sind, die ihn besonders anspricht, geringer achtet, als sie es verdienen, und andere höher schätzt als es ihr wahrer Werth mit sich bringen sollte. §. 1637.

In Frankreich übten die Schüler Werner's insofern den heilsamsten Einfluss, als sie die strenge Methode der nüchternen Beobachtung, welcher schon Dolomieu gehuldigt hatte, allseitiger ausbreiteten und den Träumereien und dem Theorienmachen ein Ziel setzten. D'Aubuisson de Voisins hatte selbst unter Werner studirt und sich in Freiberg die Lehre desselben vollkommen angeeignet. Sein Lehrbuch der Geognosie, welches er nach seiner Rückkehr nach Frankreich im Jahre 1819 ausarbeitete, gab den Franzosen die genaueste Kenntniss über die Lehren des sächsischen Gelehrten. D'Aubuisson war, so lange er noch in Sachsen lebte, ein unbedingter Anhänger Werner's in Bezug auf die Entstehung der Basalte. Die Untersuchung der Vulcane in der Auvergne überzeugte ihn indessen so klar von der Lavennatur der Basalte, dass er öffentlich diese Meinungsänderung kund gab und die Thatsachen auseinandersetzte, durch welche er sich zu dem vulcanischen Ursprunge der Basalte bekehrt hatte. Ueberhaupt waren die Verhältnisse in der Auvergne so schlagend, dass alle Schüler Werner's sich dort von ihrem Irrthume überzeugten und die Werner'schen Ansichten über den Basalt nie rechten Eingang bei den Franzosen zu finden vermochten. Man kann dieses Land wohl glücklich schätzen, dass es nicht wie Deutschland einen wesentlichen Theil seiner wissenschaftlichen Kräfte über einer Streitfrage zersplitterte, die am Ende ihre Bedeutung gänzlich verloren zu haben schien, jetzt aber plötzlich wieder aufgetaucht ist. §. 1638.

Die Lehren Werner's hatten namentlich auf die Ausbildung der Bergwerksschule in Frankreich einen grossen Einfluss. Diese Centralanstalt, welche die Bergwerksingenieure für ganz Frankreich erzieht, §. 1639.

war längere Zeit gewissermaassen der Mittelpunkt für alles geognostische Stndium in diesem Lande, und die wissenschaftliche Richtung, welcher die Direction dieser Anstalt anhängen, übte den grössten Einfluss auf die Untersuchungen der zahlreichen jungen Lente, welche jährlich daraus hervorgehen. D'Aubnisson war an der Bergwerksschule angestellt. Ihm folgte ein anderer Anhänger Werner's, Brochant de Villiers, der eben die genaue Beobachtungsmethode Werner's in den savoyischen Alpeu anwandte nnd dort erkannte, dass krystallinische Gesteine, Serpentin, Glimmerschiefer, körnige Kalksteine u. s. w. auf Flötzgebirgen aufgelagert seien, mithin nothwendig jünger als diese sein müssten. Diese Beobachtung bildete den Ausgangspunkt für die neneren Ansichten über die Alpen, indem sie diesen ein weit geringeres Alter vindicirten, als man ihnen den Werner'schen Ansichten zufolge zuschrieb. Brochant führt uns ganz in die neneste Zeit durch zwei seiner Schüler, welche unter ihm die Ansführnng der geologischen Karte Frankreichs begannen, ein Werk, von welchem wir später im Zusammenhange mit den neneren Bestrebungen der Wissenschaft reden werden.

§. 1640. In England fand merkwürdiger Weise das Werner'sche System ebenfalls Anerkennung, trotzdem dass hier Elemeute vorhanden waren, welche nach einem kurzen Siege der Werner'schen Theorie natnrgemässeren Ansichten den Eingang verschafften. Es war natürlich, dass in einem Lande, welches wie England so durchaus regelmässig in geologischer Hinsicht gebant ist, und wo die Schichten in so constanter Reihenfolge von West nach Ost über einander her lagern, dass in einem solchen Lande die stratigraphische Genauigkeit, welche der Hanptvorzug der Werner'schen Untersuchungsmethode war, ungemein vielen Anklang fiuden musste. Gerade dieser Regelmässigkeit der Schichten gegenüber frappirt aber um so mehr das Verhalten der plntonischen nnd vulcanischen Massen, welche iu England nnd Schottland die deutlichsten Durchbrüche durch die abgelagerten Schichten gemacht haben. Die Werner'schen Theorien wurden hanptsächlich durch Jameson in Edinburg vertreten, welcher, ein nnmittelbarer Schüler Werner's, in seinem Vaterlande sogar 1811 eine Werner'sche Gesellschaft stiftete, deren Verhandlnngen viele Untersuchnngen über die geognostischen Verhältnisse Schottlands enthalten. Gleichzeitig mit der Ausbreitung der Werner'schen Lehre in England waren indess zwei neue Richtungen in demselben Lande angebahnt worden, auf welchen die Wissenschaft noch hente fusst, uud die wir deshalb im Zusammenhange mit den hentigen Bestrebungen später darznstellen suchen müssen.

§. 1641. In Dentschland fand natürlich das Werner'sche System den weitesten Anklang nnd eine Zeit lang unbedingte Anhänger. Allein mit der Ausbreitung der Lehre selbst brach zugleich eine Stütze nach der

anderen durch die eigenen Schüler Werner's zusammen, welche voll Eifers auszogen, um die ganze Erde von einem Pole zum anderen im Namen ihres Meisters zu befragen. Der Streit über die Natur der Basalte wurde bald in Deutschland so heftig, dass man darüber alles Andere vergass und die ganze Geologie sich in zwei Lager theilte, Neptunisten und Vulcanisten, die sich mit einer wirklichen Erbitterung bekämpften. Auffallend war in dieser Hinsicht die Erscheinung, dass alle diejenigen Schüler Werner's, welche entferntere Gegenden besuchten, nach und nach das Irrthümliche der eingelernten Theorie einsahen, während diejenigen Geologen, die auf der heimischen Scholle Landes sitzen blieben, den neptunischen Ursprung des Basaltes noch vertheidigten, als die Wissenschaft schon längst über dieses hartnäckig bestrittene Bollwerk hinaus zu ferneren Eroberungen geeilt war.

Die Naturphilosophie namentlich zeichnete sich längere Zeit durch diese hartnäckige Vertheidigung der Werner'schen Ideen aus, welche mit ihrer Ansicht von der Thierschöpfung überhaupt in dem schönsten Einklange standen. Es wurde in dem naturphilosophischen Systeme Alles durch Polarität erklärt, welche sich im Wasser geltend gemacht haben sollte und wodurch einerseits der organische Urstoff, der Urschleim, zu Thieren und Pflanzen zusammengeballt, andererseits die mineralischen Stoffe aus der allgemeinen Lösung niedergeschlagen wurden. Die Polarität machte sich dann weiter geltend zwischen der Reihe der kieseligen Gebilde, die nur Pflanzenversteinerungen führen sollten, und der Kalkreihe, deren charakteristische Kennzeichen Thierversteinerungen wären. Manche Anhänger der Naturphilosophie gingen noch weiter und nahmen die alte Aristotelische Ansicht wieder auf, nach welcher die Erde ein Organismus sein sollte, dessen Functionen man auf die lächerlichste Weise mit denjenigen der thierischen Organismen parallelisirte. Diese Ausgeburten der phantastischen Richtung, welche im Anfange unseres Jahrhunderts in den meisten Wissenschaften sich eingeschlichen hatte, klammerten sich gleichsam an die Werner'schen Theorien an, ohne das wesentliche Verdienst Werner's, die genaue Untersuchung der Thatsachen, sich anzueignen. §. 1642.

Eine Menge unmittelbarer Schüler von Werner wandte nun die Principien der Stratigraphie, welche dieser festgestellt hatte, auf die Untersuchung des deutschen Bodens an, so dass Deutschland trotz seiner äusserst verwickelten Structur in dieser Zeit bald weit genauer gekannt war, als Frankreich oder England. Das Kupferschiefergebirge des Mansfeldischen wurde von Freiesleben, die deutschen Stein- und Braunkohlenlager von Voigt, die geognostischen Verhältnisse Böhmens von Reuss, das rheinische Schiefergebirge und die sächsischen Granite von v. Raumer mit vieler Gründlichkeit untersucht und dargestellt. Auch andere Geognosten, welche den Werner'schen §. 1643.

Theorien abhold sich gezeigt hatten oder von denselben nicht unmittelbar berührt waren, wandten doch die stratigraphischen Untersuchungsmethoden des Freiberger Meisters in umfassender Weise an, und so wurden Sachsen von Charpentier dem Aelteren, der Thüringerwald von Heim, Skandinavien, das Flussgebiet der Weser und später die spanischen Gebirgszüge von Hausmann, die Trias von Alberti, das südliche Rheinland von v. Oeynhausen und v. Dechen, Rheinland-Westphalen von Noeggerath, die Vulcane der Eifel von Steininger, die gesammten Basaltgebirge von v. Leonhardt, Polen von Pusch, in theilweise ausgezeichneten Monographien ausgearbeitet.

§. 1644. Die beiden Schüler Werner's jedoch, welche auf die Gestaltung der heutigen Geologie den wesentlichsten Einfluss übten und durch ihre glänzenden Untersuchungen stets ein Vorbild für spätere Geologen sein werden, die noch in spätem Alter an der Spitze ihrer Wissenschaften glänzten, wenngleich der zuletzt überlebende sich mehr von der Geologie ab zu anderen physikalischen Wissenschaften gewandt hatte, diese beiden Männer waren Alexander v. Humboldt und Leopold v. Buch. Es ist nötbig, auf die Arbeiten dieser beiden Männer etwas näher einzugehen, da sie vorzugsweise den heutigen Stand der Geologie nicht nur in Deutschland, sondern in der ganzen wissenschaftlichen Welt einleiteten. Ausser an Talent waren beide Männer einander auch noch dadurch ähnlich, dass sie in unabhängiger Stellung über bedeutende Geldmittel disponiren und demnach ganz frei den Eingebungen ihres Genius folgen konnten. Die ersten Untersuchungen beider Männer, deren gemeinsame Freundschaft nie getrübt wurde, fallen zusammen und können deshalb auch vereinigt betrachtet werden. Beide studirten zusammen unter Werner in Freiberg und machten nachher mehre gemeinschaftliche Reisen theils in die Alpen, theils an den Vesuv, um sich durch Untersuchung verschiedener Verhältnisse des europäischen Festlandes zu umfassenderen Arbeiten vorzubereiten.

§. 1645. Nur wenige Reisen mögen so reich an wissenschaftlichen Resultaten gewesen sein, als diejenige, welche Humboldt in dem südlichen Amerika während mehrer Jahre, von 1799 bis 1804, ausführte. Namentlich die Untersuchung der ungeheuren Vulcane Südamerikas, der zahlreichen Erdbeben, welche in diesem Erdtheile stattfinden, und die lichtvollen allgemeinen Ueberblicke, welche der grosse Reisende aus seinen Beobachtungen zog, übten auf die Geologie einen wesentlichen Einfluss. Früher unbedingter Vertheidiger des neptunischen Ursprungs der Basalte und des geringen Einflusses, welchen die vulcanischen Kräfte auf die Gestaltung des Erdbodens ausgeübt haben sollten, musste sich Humboldt bald durch seine Beobachtungen in Südamerika überzeugen, dass seine Ansichten wesentlicher Modificationen bedürften, und er war es, der zuerst mit Bestimmtheit die Ansicht aussprach, dass die

Vulcane mit gewaltigen Rissen der Erdrinde in Verbindung ständen. So suchte er nachzuweisen, dass die Vulcane Mexicos auf einer einzigen ungeheuren Querspalte aufsässen, durch welche dieser Theil des Continentes in seiner ganzen Breite durchsetzt würde, und deren Verlängerung man noch bis in die Südsee hinein beobachten könne. Eine ähnliche Längsspalte bedingt, nach Humboldt, die reihenweise Anordnung der Vulcane in den Cordilleren. Die Untersuchungen über den Ausbruch des Jorullo lieferten das erste, freilich jetzt durchaus bestrittene Beispiel einer plötzlichen, durch vulcanische Kräfte bewirkten Erhebung eines ganzen Landstriches und dienten somit als einer der wichtigsten Anhaltspunkte für die sogenannte „grosse" Geologie. Es ist unmöglich, hier näher einzugehen auf die vielfachen Untersuchungen Humboldt's über die Verbreitungsbezirke der Erdbeben und deren allgemeine Verhältnisse, über die Gesteine und deren Lagerung in Amerika im Vergleich zu Europa, sowie über seine späteren Arbeiten im Bereiche der physikalischen Geographie, in welchen das Talent des grossen Naturforschers sich namentlich durch die allgemeinen Ansichten und Folgerungen ausspricht, die er aus seinen Beobachtungen zu ziehen versteht. Nicht minder wichtig wurde für die Geologie Humboldt's Reise nach dem asiatischen Russland, auf welcher er von dem ausgezeichneten Geognosten G. Rose begleitet war, der besonders über die Lagerungsstätten des Platins und des Goldes im Ural, sowie namentlich über die Felsarten dieses Gebirges die reichsten Beobachtungen machte. Besonders bemerkenswerth in den Resultaten dieser Reise ist die Beobachtung von geflossenem Granit am Ufer des Irtisch, der meilenweit an der Oberfläche sich ausgebreitet haben soll.

Noch viel grösseren Einfluss, als Humboldt, hatte auf die Geo- §. 1646.
logie Leopold von Buch, der sich dieser Wissenschaft fast ausschliesslich widmete und mit vollem Rechte der Reformator derselben genannt werden kann. Der Streit über die Basalte und die Wichtigkeit der vulcanischen Erscheinungen im Allgemeinen rief L. v. Buch kurz nach Beendigung seiner Studien in Freiberg aus seinem Vaterlande nach anderen Gegenden, wo er bald verschiedene Ansichten gewinnen musste. Die Beschreibungen, welche er von den Phänomenen des Vesuvs und von den Vulcanen des südlichen Frankreichs giebt, gehören nicht nur in wissenschaftlicher, sondern auch in stylistischer Beziehung zu dem Besten und Schönsten, was die naturwissenschaftliche Literatur unserer Sprache aufzuweisen hat. Die Untersuchung der Auvergne überzeugte auch ihn, wie so viele andere Forscher, dass der Basalt in jener classischen Gegend förmliche Lavaströme bilde, welche aus wahren aufgeschütteten Eruptionskegeln hervorbrachen. Obgleich v. Buch in den damaligen Jahren noch nicht zu behaupten wagte, dass die deutschen Basalte allgemein ebenfalls als vulcanische Producte betrachtet

werden müssten, so war wenigstens sein Glaube in Hinsicht auf die Auvergne nach dem Besuche derselben durchaus festgestellt. Er bestätigte die schon früher gemachte Beobachtung, dass die Vulcane der Auvergne aus dem Granite selbst, aus dem Urgebirge hervorbrachen, und hielt sogar den von ihm zuerst genauer charakterisirten Domit für das Product einer Schmelzung und Aufblähung des Granites selbst, sagte sich also damit förmlich von der Werner'schen Ansicht über die Oberflächlichkeit der Vulcane los.

§. 1647. Noch mehr wurden v. Buch's Ansichten erschüttert durch eine grössere Reise, welche er im ganzen Umkreise der skandinavischen Halbinsel von Christiania bis zum Nordcap und von da durch Lappland über Tornea und Stockholm nach Christiania zurück durchführte. In der Nähe von Christiania entdeckte v. Buch Granit, welcher zwischen versteinerungsreiche Kalklager eindrang, dieselben gangartig durchsetzte, überlagerte und mannigfaltig in ihrer Schichtung wie in ihrer Structur veränderte. Erscheinungen dieser Art, welche man jetzt aus vielen Gegenden her kennt, waren damals neu, für Deutschland wenigstens, und die Beobachtung v. Buch's erregte um so grösseres Aufsehen, als man bis dahin in Deutschland noch nicht daran gedacht hatte, Werner's System in Betreff der Entstehung des Granites zu widersprechen. Hier zeigt es sich offenbar, dass der Granit jünger sei, als der mit Versteinerungen erfüllte Kalkstein, und obgleich damals v. Buch noch nicht alle Schlüsse gezogen hatte, die sich später aus diesen und ähnlichen Beobachtungen ergaben, so bildete diese einzige Entdeckung dennoch den Ausgangspunkt, auf welchem später so viele fruchtbringende Untersuchungen und Ansichten fussten.

§. 1648. Nach Beendigung der skandinavischen Reise, die auch noch besonders reich und fruchtbringend für die theoretische Geologie durch die bestimmte Entdeckung der fortdauernden Erhebung der skandinavischen Halbinsel wurde, brachte v. Buch mehre Jahre mit Untersuchung der deutschen Gebirgssysteme zu und begab sich dann nach England, wo das geologische Studium unterdessen einen neuen Aufschwung erlangt hatte, durch eine den Werner'schen Theorien durchaus entgegengesetzte Ansicht, welche von sehr talentvollen Forschern vertheidigt wurde. Vergleicht man die früheren Arbeiten v. Buch's mit seinen späteren, so kann nicht geläugnet werden, dass dieser Aufenthalt in England, wo er sich zu einer Reise auf die canarischen Inseln vorbereitete, den wesentlichsten Einfluss auf die Entwickelung seiner allgemeinen geologischen Ansichten gehabt habe. Von nun an erst schüttelt v. Buch ohne Rückhalt alle Reste der Werner'schen Theorien von sich und entscheidet durch seine grossartigen Untersuchungen den Streit unwiderruflich gegen die Werner'sche Schule. Ehe wir in der Darstellung seiner Untersuchungen weitergehen, müssen wir deshalb

in wenigen Worten darstellen, auf welchem Stande der Vulcanismus in England gerade zu der damaligen Zeit sich befand.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts (1795) hatte Hutton in Edin- §. 1649.
burg eine Theorie von der Erdbildung veröffentlicht, welche in directem Widerspruche mit der Werner'schen Theorie stand, die damals gerade allgemein Geltung bekam, weshalb auch Hutton's „*Theory of the earth*“ anfänglich durchaus unbeachtet blieb. Hutton hatte Jahre lang hindurch die Lagerungsverhältnisse der Gesteine in Schottland studirt, und es konnte nicht fehlen, dass die mannigfaltigen Durchbrüche vulcanischer und plutonischer Gesteine, welche sich in diesen Gegenden finden, seine Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen. Schon im Jahre 1785 hatte er in den Bergen der Grampians die Entdeckung gemacht, dass der Granit in Adern und Gängen die auf ihm liegenden geschichteten Gesteine durchsezte und somit nothwendig von unten her in dieselben eingedrungen sein müsse. Hutton behauptete nun, dass alle ungeschichteten Gesteine ohne Ausnahme früher in geschmolzenem Zustande aus dem Inneren der Erde hervorgedrungen seien und die geschichteten Gesteine aufgehoben und zerspaltet hätten. Die feuerflüssigen Massen seien durch diese Spalten an die Oberfläche getreten, wo sie sich dann oft im Flusse ausgebreitet hätten. Dieses Hervordringen feuerflüssiger Massen hatte, nach Hutton, die Erdrinde mannigfaltig zerworfen und zertrümmert, gewaltige Meeresfluthen verursacht und so Conglomerate und Sandsteine aus den Trümmern des Festlandes gebildet, welche sich auf dem Boden des Meeres von Neuem niederschlugen, schichteten und durch die Einwirkung der inneren Erdwärme erhärteten.

Diese Vorstellungen von der allgemeinen Bildung der ungeschich- §. 1650.
teten Gesteine wurden lange Zeit als die richtigsten anerkannt. Hutton ging aber in mancher Beziehung zu weit, indem er auch den plutonischen Ursprung vieler geschichteten Gesteine behauptete und annahm, die feuerflüssige Masse sei aus dem Inneren der Erde hervorgedrungen und habe sich dann auf dem Boden des Meeres in horizontaler Schichtung ausgebreitet. Abgesehen von dieser Uebertreibung, muss man Hutton als Denjenigen ansehen, der zuerst wieder mit überzeugenden Gründen den alten Satz Steno's feststellte, dass die ursprünglich horizontal abgelagerten geschichteten Gesteine durch spätere Einflüsse in ihrer Lagerung gestört seien. Hutton ging aber weiter, als Steno, indem er zugleich den Grund dieser Lagerungsstörungen in dem Hervordrängen feuerflüssiger Massen nachzuweisen suchte. Ferner war er es, welcher zuerst die krystallinischen Gesteine aus feuerflüssiger Schmelzung hervorgehen liess und damit den herrschenden Ansichten von der Krystallisation unmittelbar entgegentrat.

§. 1651. Die Ansichten **Hutton's** gingen anfangs unbeachtet vorüber, und selbst das Werk, welches sein Schüler **Playfair** im Jahre 1802 unter dem Titel: *„Explication on the Huttonian theory“* veröffentlichte, fand anfangs nicht die Theilnahme, die ihm später zugewandt wurde. Zwei Gelehrte aber, S. **Hall** und G. **Watt**, gaben bald durch geschickt angestellte Experimente den **Hutton'schen** Ansichten den nothwendigen Halt und trugen auf diese Weise wesentlich zum Siege derselben bei. Man kannte bis dahin nur die Krystallisation auf nassem Wege, und hatte deshalb die **Hutton'sche** Theorie einfach dadurch abgewiesen, dass man behauptete, geschmolzene Mineralien träten nur als Schlacken oder glasähnliche Massen, nicht aber in krystallinischer Form auf. Die körnigen Kalksteine und Marmorarten, welche man in krystallinischen Gesteinen eingeschlossen findet, gaben ebenfalls einen wichtigen Einwurf gegen die **Hutton'schen** Ansichten ab. Der kohlensaure Kalk verliert bekanntlich seine Kohlensäure, wenn man ihn der Hitze aussetzt; er konnte sich also, der Behauptung von **Hutton's** Gegnern zufolge, unmöglich zwischen Massen finden, welche im feurigen Flusse gewesen waren.

§. 1652. **Hall** und **Watt**, besonders aber der Erstere in umfassenderer Weise, unternahmen nun die experimentale Lösung dieser Streitfragen. Sie unterwarfen einzelne Gesteine, besonders aber den schottischen Trapp, länger andauernder Schmelzung, und fanden bald, dass bei rascher Abkühlung derselbe glasige Massen und Schlacken bilde, bei sehr langsamer Abkühlung aber ein krystallinisches Gefüge annehme. Je langsamer die Abkühlung, desto vollständiger wurden die Krystalle, und man konnte so nach Belieben grob- oder feinkörnig krystallinische Gesteine durch gehörige Modification der Abkühlung hervorbringen. Versuche über das Verhalten der aus kohlensaurem Kalke bestehenden Gesteine im Feuer wiesen bald nach, dass es nur eines Druckes von wenigen Atmosphären bedürfe, um die Kohlensäure auch bei ausserordentlich heftiger Hitze in dem Kalksteine zurückzuhalten. Der auf diese Weise behandelte Kalkstein behielt seine Kohlensäure und erlangte durchaus alle Charaktere des Marmors. Nicht minder prüfte **Hall** durch äusserst sinnreiche Experimente die Ansichten **Hutton's** über die Veränderung der Schichtenlager, welche durch vulcanische Gesteine hervorgebracht werden. Er erkannte sehr richtig, dass die Lagerstörungen und Biegungen dadurch hervorgebracht würden, dass dem senkrechten Drucke zugleich ein seitlicher Druck, von den benachbarten Gesteinsmassen ausgehend, entgegenwirke. Seine Versuche stellte er in der Weise an, dass er Tücher oder verschieden gefärbte Lager von Thon horizontal aufschichtete, von oben gewaltig beschwerte und nun durch seitlichen Druck zusammenpresste. Er ahmte auf diese Weise die mannigfachen Biegungen und Verwerfungen der Erdschichten auf

das Täuschendste nach und lieferte auf diesem echt wissenschaftlichen Wege die Bestätigung der wesentlichsten Grundansichten von Hutton's Theorie. Es ist zu bedauern, dass dieser Weg der experimentellen Lösung vieler geologischen Verhältnisse in unserer Zeit durchaus in den Hintergrund ist gedrängt worden, obgleich nicht zu leugnen ist, dass von demselben die wesentlichsten Resultate zu erwarten seien. Eine Menge der neueren geologischen Theorien, die einzig nur auf der Beobachtung der in der Natur befindlichen Verhältnisse beruhen, könnte auf diesem experimentellen Wege entweder ihre Bestätigung oder ihre Widerlegung finden, und es ist wohl nicht zu viel gesagt, wenn man den Wunsch ausdrückt, dass Leopold von Buch einen Hall gefunden haben möchte.

Die Hutton'schen Ansichten hatten, als v. Buch in England zur §. 1653. Vorbereitung seiner Reise auf die canarischen Inseln verweilte, dort schon allgemeine Geltung, und es konnte deshalb nicht fehlen, dass er davon mächtig berührt wurde. Die Untersuchung der canarischen Inseln vollendete, was diejenigen der Auvergne und des Vesuvs begonnen hatten. Die grossartigen vulcanischen Erscheinungen dieser Inselgruppe wurden nicht nur auf das Vollständigste untersucht, beschrieben und durch wunderbar schöne Karten erläutert, sondern auch die umfassendsten Ansichten über die Einwirkungen der vulcanischen Kräfte auf die Beschaffenheit unserer Erdrinde überhaupt dargelegt. Die Verknüpfung der Vulcane durch ungeheure Spalten, welche ihre Aneinanderreihung in Linien bedingt, wurde hier zum ersten Male in ihrer Vollständigkeit über die ganze Erdoberfläche nachgewiesen und ausserdem noch die so folgenreiche, später freilich von Grund aus widerlegte, Unterscheidung der Erhebungskrater und der Eruptionskrater aufgestellt.

Die Atolls der Südsee mit ihren kreisrunden Lagunen im Innern wurden von v. Buch ebenfalls als Oeffnungen ausgestorbener Krater oder als Erhebungskrater aufgefasst, eine Ansicht, die lange Zeit unbestrittene Geltung hatte, bis Darwin später mit überzeugenden Gründen aus der Lebensweise der Korallenthiere selbst eine andere Entstehungsweise dieser Inseln nachwies. Die Theorie der Erhebungskrater selbst erlitt bald mannigfachen Widerspruch und unterlag endlich, trotz der Vertheidigung, welche namentlich Elie de Beaumont versuchte, gänzlich den Angriffen von Lyell, Poullet Scrope und Anderen.

Durch das Werk über die canarischen Inseln, welches erst im §. 1654. Jahre 1825 erschien, während die Theorie der Erhebungskrater im Jahre 1818 veröffentlicht wurde, war die Darstellung der engeren vulcanischen Erscheinungen auf der Erde für L. v. Buch freilich abgeschlossen, dagegen wurden dieselben von Anderen aufgenommen und durch Specialuntersuchungen weiter geführt. L. v. Buch selbst wandte sich nun einer Jahre lang fortgesetzten Untersuchung der deut-

schen Gebirge und namentlich der Alpen zu. Aus dieser Untersuchung ging denn endlich die heute ebenfalls vielfach bestrittene und widerlegte Ansicht hervor, dass die Gebirge aufgerissene Spalten der Erdrinde seien, welche von feuerflüssigen Stoffen, die aus der Erde kamen, emporgehoben wurden, und deren Lippen durch die aufgerichteten Schichten der neptunischen Gesteine gebildet seien. v. Buch leitete diese allgemeinen Ansichten namentlich aus dem Parallelismus der Secundärketten, aus den Verhältnissen der Schichtenlagerung, die ihre steilen Abstürze dem Centralkerne des Gebirges zukehren, und aus den Streichungslinien der Ketten selbst her.

§. 1655. Dem scharfen Auge v. Buch's entging auch nicht die Anwendung, welche diese neue Ansicht zur Bestimmung des Alters der Gebirge erhalten konnte. Auf die verschiedenen Streichungsrichtungen, sowie die Verschiedenheit der gehobenen Formationen gestützt, unterschied v. Buch in Deutschland vier durch Alter und Structur scharf getrennte Gebirgsmassen, die er geologische Systeme nannte. Er unterschied so das Alpensystem, das Rheinsystem, das niederländische System und das nordöstliche System. Die allgemeine Verfolgung der von v. Buch aufgestellten Grundsätze führte zu der Aufstellung der verschiedenen Hebungssysteme, welche Elie de Beaumont auf mathematische Grundlagen zu stützen suchte und bis zu dem jetzt schon allgemein unter Stillschweigen begrabenen sogenannten Pentagonalsysteme ausspitzte.

§. 1656. Es waren namentlich die östlichen Alpen, von Tyrol bis nach Steyermark, durch deren Untersuchung v. Buch merkwürdige neue Verhältnisse kennen lehrte und die grossartigsten Ansichten in die Wissenschaft einführte. Die oben beschriebenen Verhältnisse der Melaphyre im Etschthale führten ihn zu den früher entwickelten Theorien über Dolomit und dessen Bildung. Hingerissen von der Wichtigkeit dieser alpinischen Verhältnisse behauptete v. Buch damals, dass alle Gebirge ohne Ausnahme durch den Melaphyr gehoben seien, und dass ferner alle Dolomite, wo sie auch vorkommen möchten, durch Einwirkung dieser hebenden schwarzen Porphyrmassen entstanden seien. Was die erstere Ansicht betrifft, so ist dieselbe in unserer Zeit, wie so manche andere Uebertreibung, ohne bedeutenden Widerspruch wieder zu Grabe gegangen, da ihre Unhaltbarkeit von vornherein zu ersichtlich war. Der Melaphyr kommt nur an verhältnissmässig äusserst wenigen Punkten an die Oberfläche der Erde, in den meisten Gebirgen kennt man keine Spur davon, auch in den tiefsten Schichten, und findet dafür andere Gebirgsarten plutonischen oder metamorphischen Ursprunges, welche sich ganz in ähnlicher Weise verhalten, wie der Melaphyr in Tyrol. Ganz mit demselben Rechte müssen diese Gesteine ebenfalls für hebende Gebirgsarten angesehen werden.

Vielen Widerspruch, weil sie auf nicht minder kühnen Hypothesen beruhte, erlitt ebenfalls die Theorie, welche v. Buch über das gegenseitige Verhältniss von Dolomit und Melaphyr aufstellte. Die regelmässige Schichtung vieler dolomitischen Kalksteine namentlich in England schien dieser Ansicht auf das Entschiedenste zu widersprechen, und selbst das Zugeständniss vieler Anhänger der v. Buch'schen Theorie, dass man zweierlei Dolomite unterscheiden müsse, den compacten, regelmässig geschichteten, der auf neptunische Weise entstanden sei, und den körnigen Dolomit, welcher späteren plutonischen Einflüssen seine Umwandlung verdanke, selbst dies Zugeständniss, sage ich, entwaffnete die Gegner noch nicht. Man kann wohl sagen, dass die Frage von der Entstehung der körnigen Dolomite eine Lebensfrage für die Geologie bis in die neueste Zeit war, wo sie endlich gegen v. Buch entschieden wurde. §. 1657.

Schon vor diesen Untersuchungen, welche in wesentlicher Weise die Gestaltung der Geologie änderten, und namentlich umfassendere Ideen über den Metamorphismus der Gesteine in die Wissenschaft einführten, hatte sich L. v. Buch mit der Verbreitung der erratischen Gesteine auf der Nordseite der Alpen beschäftigt und Saussure's Theorie dahin modificirt, dass er annahm, es seien gewaltige Schlammströme durch alle Thäler der Alpen hervorgebrochen, welche die Geschiebe mit ungeheurer Geschwindigkeit bis hinüber in den Jura mit fortgerissen hätten. Wenn wir auch Gegner dieser Ansicht sind, die jetzt ganz allgemein verlassen ist und nur noch historischen Werth hat, so können wir auf der anderen Seite nicht umhin, anzuerkennen, dass die Schilderung der Verbreitung der Findlingsblöcke in der westlichen Schweiz unübertrefflich ist und auf eine Menge von Verhältnissen aufmerksam macht, welche früher unbemerkt gelassen wurden. §. 1658.

Nach Vollendung dieser gewaltigen, hauptsächlich auf geognostischen Beobachtungen ruhenden Untersuchungen wandte sich L. v. Buch mehr dem Studium der Versteinerungen zu, indem er in denselben mit richtigem Blicke ein wesentliches Mittel erkannte, die einzelnen Formationen scharf zu erkennen, zu sondern und in ihrer Verbreitung zu verfolgen. Von geologischen Principien ausgehend, suchte er vor Allem diejenigen Versteinerungen festzustellen, welche er Leitmuscheln nannte, und seine Untersuchungen über den Jura in Deutschland zeigen, wie glücklich er die einzelnen Formationen nach diesen besonderen charakteristischen Leitmuscheln zu trennen verstand. Seine mehr zoologischen Leistungen in der Petrefactenkunde werden wir später genauer betrachten. §. 1659

Ueberblicken wir die Leistungen dieses vorragenden Mannes, der erst vor Kurzem seiner Lieblingswissenschaft, an der er mit rastloser Thätigkeit arbeitete, durch den Tod entrissen wurde, so müssen wir in §. 1660.

ihm ohne Zweifel den Schöpfer der heutigen Geologie erkennen. Wenn auch die grossartigen Ansichten, welche von ihm geschaffen und in die Wissenschaft eingeführt worden sind, fast sämmtlich widerlegt und ausgemerzt wurden, so bleibt L. v. Buch dennoch der Erste aller neueren Geologen und wird stets in der Geschichte der Wissenschaft einen der ersten Plätze behaupten.

§. 1661. Unter den Nachfolgern dieses gewaltigen Mannes auf deutschem Boden sind ausser den schon früher erwähnten noch mehre Forscher zu erwähnen. Vor allen Friedrich Hoffmann, leider in der Blüthe der Jahre der Wissenschaft entrissen. Er hatte sich unter den Augen v. Buch's, und man darf wohl sagen, unter seiner speciellen Leitung zum Geognosten herangebildet und durch eine geognostische Beschreibung des nordwestlichen Deutschlands mit einer vortrefflichen geologischen Karte sein vorwiegendes Talent zu erkennen gegeben. Namentlich darf man seine genauere Untersuchung der geognostischen Verhältnisse der Mineralquellen im nördlichen Deutschland anführen, durch welche er nachwies, dass diese Quellen meistens in der Mitte kesselförmiger Erhebungsthäler entspringen, und somit im engsten Zusammenhange mit den Hebungssystemen des Bodens selbst stehen. Später wandte er sich nach Italien und wurde dort aus einem unbedingten Anhänger der v. Buch'schen Theorie über Erhebungskrater deren entschiedener Gegner, eine Bekehrung, die nicht wenig Gewicht in die Wagschale legte, allein nicht so fruchtbringend für die Wissenschaft war, als man hätte erwarten dürfen, da ein früher Tod Hoffmann hinderte, die Gründe derselben weitläufiger darzulegen und an der Discussion dieses wichtigen Gegenstandes eingreifenden Antheil zu nehmen. Eine ausführliche geognostische Beschreibung Siciliens wurde aus seinen hinterlassenen Papieren veröffentlicht.

§. 1662. Die neueren Bestrebungen in Deutschland leiden vielfältig an jener Zerrissenheit, die Alles, was gemeinsam sein sollte, hintertreibt. Vor Jahren hat sich zwar nach dem Beispiele der französischen und englischen Gesellschaften eine deutsche geologische Gesellschaft in Berlin gebildet, die aber weit entfernt ist, in ähnlicher Weise wie die erwähnten als Centralpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten zu dienen. Die Herstellung einer genaueren geologischen Karte von Deutschland ist von dieser Gesellschaft zwar in Angriff genommen, aber durchaus noch zu keinem Resultate gefördert worden. v. Buch war auch hier der Erste, welcher die Herstellung einer geologischen Karte versuchte, die später von dem Berghauptmann v. Dechen vervollständigt und auf einem einzigen Blatte herausgegeben wurde, während v. Buch's Arbeit einen grössern Atlas erfüllte. Nur wenige Regierungen Deutschlands haben bis jetzt die Nothwendigkeit gefühlt, eine geologische Karte ihres Gebietes herstellen zu lassen, und an eine gemeinschaftliche

Arbeit in grossartigem Maassstabe, die etwa von der Bundesregierung ausginge, ist vollends noch nicht zu denken. Die rühmlichste Ausnahme hat die Regierung von Sachsen gemacht, welche schon zu Werner's Zeiten und auf dessen Betrieb die Vorarbeiten zu der Karte machen liess, welche endlich vollständig erschien und in ausgezeichneter Weise von Naumann und B. Cotta bearbeitet wurde. Als Anhang hierzu lässt sich die von B. Cotta allein bearbeitete Karte von Thüringen betrachten. Die Ausführung der einzelnen Blätter ist freilich seither durch andere Kartenwerke, wie Dechen's Karte der Rheinlande, Strombeck's von Braunschweig, Römer's von Schlesien u. s. w. verdunkelt worden und namentlich Dechen's Karte der Rheinlande übertrifft durch Grösse des Maassstabes und Genauigkeit der Ausführung die übrigen. Die Karte freilich als Ganzes betrachtet, leidet an dem grossen Fehler, dass die einzelnen Blätter wegen grosser Ungleichheit der Colorirung, der Grösse und übergreifenden Einfassungen sich nicht zu einem Ganzen zusammenfügen lassen. Allen voran steht aber die Untersuchung der bairischen Alpen durch Gümbel, die an umfassenden Untersuchungen in jeder Richtung, durch Text, Durchschnitte, Landschaftsbilder und Kartenblätter ein wahres Musterwerk bilden. Allen übrigen Regierungen Deutschlands ging aber und geht noch die österreichische voran, welche durch Gründung der geologischen Reichsanstalt, die zuerst unter Haidinger's, jetzt unter v. Hauer's Direction steht, den Bau der österreichischen Länder in jeder Weise umfassend bearbeiten liess und einer Menge jüngerer Geologen eine vortreffliche Gelegenheit zur Uebung ihrer Kräfte bot.

Die Bestrebungen der Einzelnen sind ausserordentlich zahlreich §. 1663.
und im Ganzen mehr auf genaue Localuntersuchungen beschränkt. So wurden die Schichtengebilde Norddeutschlands, besonders des Muschelkalkes, von Strombeck, Beyrich, Schmidt, die Jura- und Kreidegebilde von Römer, Geinitz, Reuss untersucht, während Noeggerath, v. Dechen, Steininger sich vorzüglich den Rheingegenden, Credner dem Thüringer Walde, Klipstein den Tyroler Alpen und den hessischen Landen, Quenstedt Würtemberg, Emmrich und Schafhäutl den Alpen zuwandten. Ausserdem sind unter den deutschen Geognosten noch der ältere Leonhard und in neuester Zeit Sartorius v. Waltershausen, Ersterer wegen seiner schon älteren Untersuchungen über die Basalte, Letzterer wegen seiner ausgezeichneten Forschungen über die vulcanischen Gebilde Siciliens und Islands zu erwähnen. Nicht minder verdanken wir umfassende Untersuchungen Forschern wie Alberti über das Salzgebirge, Walchner und Frommherz über Baden, Hehl und Graf Mandelslohe über Würtemberg u. s. w.

Die Ausbildung der Geologie in England hat auf die Richtung §. 1664.
dieser Wissenschaft in der neuern Zeit überhaupt den unzweifelhaf-

testen Einfluss geübt. Es ist schon aus dem ersten Bande ersichtlich, dass England durch seine äusserst einfache geologische Zusammensetzung, durch die gleichförmige Folge seiner Schichtenlager von West nach Ost und durch die wenigen Störungen, welche namentlich seine jüngeren Formationen, von dem Jura an, betroffen haben, ein classischer Boden für geologische Untersuchungen ist, weil man die geschichteten Gesteine der secundären Bildungen grösstentheils in ihrer ursprünglichen Gestalt und Lagerung antrifft. Wenn daher Schottland durch Hutton und Hall die Wiege der neueren Ansichten über das Verhalten der plutonischen Gesteine werden musste, weil dort an Küsten und Buchten die schönsten Profile aller Art mit Gängen und Adern plutonischer Felsarten innerhalb der verschiedenen Schichtenlager aufgedeckt sind, so musste England bald hinsichtlich der einzelnen geschichteten Formationen der Prototyp werden, nach welchem man diese Formationen zu charakterisiren und zu unterscheiden suchte.

Dies geschah durch einen Mann, der dem Jahre der berühmten Männer, 1769, angehörte, aber erst ziemlich spät seine langjährigen Untersuchungen veröffentlichte. Mit Strassen- und Canalbauten beschäftigt, musste W. Smith bald von der Regelmässigkeit, womit sich die verschiedenen Gesteine in England folgen, überrascht werden, und indem er mit dieser Beobachtung die genaue Untersuchung der Versteinerungen verband, fand er bald, dass dieselben Versteinerungen stéts in derselben Schicht wiederkehrten, selbst wenn diese in ihrer weitern Erstreckung den mineralogischen Charakter änderte. So stellte er denn den Grundsatz auf, dass die Versteinerungen zur Identificirung der Schichten dienen müssten, in welchen sie stets unter denselben Verhältnissen und in der nämlichen Gesellschaft vorkämen. Diesem Grundsatze gemäss unterschied er auch die einzelnen Formationen und ward so der erste Urheber jener feineren Unterscheidungen, welche in den grossen Formationsgruppen eingeführt wurden. Seine Entdeckungen waren längst aller Welt bekannt, ehe er etwas darüber veröffentlichte, und namentlich hatte er schon im Jahre 1806 eine vollständige Sammlung aller Gebirgsarten der verschiedenen Formationen mit den dazu gehörigen Versteinerungen in dem britischen Museum niedergelegt, deren Ergänzung 1815 in einer genauen geologischen Karte erschien.

§. 1665. Hiermit war einem neuen Leben in der Geologie die Laufbahn eröffnet. Smith's Ansichten reizten einerseits zur Prüfung, andererseits zur Vervollständigung, die angeborene Reiselust der Engländer kam zu Hülfe, indem man die in Grossbritannien unterschiedenen Formationen auch auf dem Festlande und in entfernten Gegenden wieder zu erkennen strebte. Da die Versteinerungen vorzüglich für diese Erkennung und Unterscheidung den Leitfaden abgaben, so wurden auch

sie mit erneutem Eifer untersucht, verglichen und bestimmt. Eine geologische Gesellschaft wurde in London 1807 gestiftet und blüht seit dieser Zeit zum Nutzen der Wissenschaft fort. Die Geologie wurde die Modewissenschaft der Engländer; die Noblesse interessirte sich für dieselbe, und wie denn in England das Gedeihen aller wissenschaftlichen Unternehmungen von der Theilnahme der höheren Classen an denselben abhängt, so sah man bald eine Menge von Privatsammlungen reicher Männer entstehen, die der Paläontologie namentlich den grössten Vorschub leisteten. Noch in der jetzigen Zeit dauert dieses Interesse der Engländer an geologischen und paläontologischen Wissenschaften ungeschwächt fort, und bei den reichen Geldmitteln, welche diesem Lande zu Gebote stehen, kann auch Vieles geleistet werden, was anderen, minder Begüterten unmöglich ist.

Von den Grundsätzen Smith's ausgehend, suchte man zuerst eine §. 1666. geologische Karte Englands in grossem Maassstabe herzustellen, die durch Greenough im Jahre 1819 erschien, in neuerer Zeit aber durch die Detailaufnahmen der „General Survey" und durch die in kleinerm Maassstabe ausgeführten Karten von Murchison für England und Geickie für Schottland gänzlich in den Schatten gestellt, wesentlich verbessert und ergänzt wurde, aber bis zum Erscheinen der geologischen Karte Frankreichs das Meisterstück aller Arbeiten in diesem Fache blieb. Eine Menge von Monographien über einzelne Theile Englands, das Festland und die Colonien erschien nach und nach theils in den Abhandlungen der geologischen Gesellschaft, theils in eigenen Schriften; — und in allen diesen Abhandlungen war es wesentlich die genauere Trennung der Formationen durch Berücksichtigung ihrer organischen Einschlüsse, welche bezweckt wurde, verbunden mit stratigraphischer Beschreibung der einzelnen Lagerungsverhältnisse. Man kann hier namentlich nennen die Arbeiten von Webster und Fitton über die Kreidegebilde, von Sedgwick über das cambrische System, die Kohlenformation und den Magnesiakalkstein (Zechstein), von Conybeare und Philipps über England und Wales im Allgemeinen; von Buckland über den Jura Englands und über die Höhlen; von de la Bèche über Jamaica; von Darwin über die Korallenbildungen der Südsee; von S. Mac-Culloch über Schottland und die Hebriden; von Daubeny über die Vulcane im Allgemeinen; von Poulett-Scrope über die erloschenen Vulcane Südfrankreichs und diejenigen Italiens; von Hibbert über die rheinischen und eifeler Vulcane. Alle diese Arbeiten fallen der nächsten Vergangenheit anheim, und es wäre unmöglich, näher anzugeben, welches die einzelnen Verdienste dieser zahlreichen Schriften und Abhandlungen wären. Ganz in der jüngsten Zeit kann man als besonders thätig und fruchtbringend mehre Forscher ansehen, über deren Arbeiten wir Einiges sagen müssen.

§. 1667. Als Monograph steht obenan der jüngst verstorbene R. J. Murchison, dessen Prachtwerk über das silurische System wohl als ein Muster ähnlicher Arbeiten angesehen werden kann. In diesem Werke sind zuerst die älteren Formationen Englands scharf gesichtet und mit ihren Versteinerungen genauer charakterisirt. In Gemeinschaft mit de Verneuil, einem französischen Geologen, untersuchte Murchison, auf diese Vorarbeiten gestützt, die älteren Schiefergebirge zu beiden Seiten des Rheins, und später, in Gemeinschaft mit Verneuil und Graf Keyserling, das europäische Russland, über das ein Prachtwerk herauskam, welches wesentlich dazu beitrug, die Kenntniss der älteren Formationen zu fördern. Mit Sedgwick gemeinschaftlich hatte Murchison früher die östlichen Alpen namentlich untersucht, und wenn diese Untersuchung auch im Einzelnen flüchtig war, so ging daraus doch die Bestätigung der von Anderen schon ausgesprochenen Ansicht hervor, dass der die Centralketten umgehende Gürtel secundärer Schichtgebilde nicht, wie man früher glaubte, älteren Formationen, sondern namentlich dem Jura und der Kreide zugezählt werden müsse. Später verfolgte Murchison die älteren Tertiärgebilde der Alpen, Apenninen und Karpathen und förderte dadurch wesentlich die Kenntniss des bisher vielfach verkannten Nummulitenterrains.

§. 1668. De la Bèche hat sich besondere Verdienste durch Herausgabe eines vortrefflichen Lehrbuches, sowie durch die Festigkeit erworben, womit er auf consequenter Durchführung naturgemässer Darstellung der Beobachtungen beharrte. Seine theoretischen Arbeiten zeichnen sich besonders durch reiche Detailkenntniss und scharfe, darauf gebaute Schlussfolgerung aus, und namentlich suchte er auch durch die That zu beweisen, dass unsere graphische Darstellung geologischer Verhältnisse meist schief und ungenau ist, weil wir bei Zeichnung kleinerer Profile genöthigt sind, die Höhenmaasse ungemein im Verhältniss zu den Längenmaassen zu übertreiben. In Anwendung seines Grundsatzes hat de la Bèche gigantische Durchschnitte englischer Gegenden angefertigt, in welchen die Verhältnisse der Natur ganz in gleichem Maassstabe wiedergegeben sind. Der Anblick dieser höchst genauen Profile ist ungemein lehrreich, indem die Hebungen wirklich nur als sehr allmälige Abweichungen von der Horizontalität erscheinen. Später wurde de la Bèche und nach ihm Murchison von der englischen Regierung an die Spitze der geologischen Specialaufnahme Englands gestellt, der wir äusserst genaue Karten verdanken.

§. 1669. Lyell ist, ausser seinen einzelnen monographischen Arbeiten über England, Schweden, Sicilien und Nordamerika, besonders zu erwähnen durch eine eigenthümliche Richtung in der theoretischen Geologie, welche er eingeschlagen und in seinen *Principles of Geology* vertheidigt hat. Alle geologischen Phänomene sollen, diesem Werke zufolge, nur durch die noch heute wirkenden Ursachen hervorgebracht worden

sein, und zwar sollen diese Ursachen wesentlich in gleichem Maasse, in gleicher Stärke, in gleichem Umfange, wie jetzt, gewirkt haben. Offenbar ist diese Behauptung zu weit getrieben; — denn wenn auch nicht geleugnet werden kann, dass jetzt noch dieselben Ursachen wirken, die früher thätig waren, so ist auf der anderen Seite unverkennbar, dass das Maass der Wirkung in verschiedenen Zeiten verschieden war. Nichtsdestoweniger aber kann man behaupten, dass die anfangs wenig beachteten, ja mit Spott zurückgewiesenen Ansichten Lyell's, mit welchen Constant Prévost in Frankreich übereinstimmte, jetzt fast unbestritten die theoretische Geologie beherrschen. Es ist besonders Lyell's Verdienst, dass er zuerst den langsamen Einfluss jetzt kaum merklicher Kräfte hervorgehoben und gezeigt hat, wie diese in unendlich langen Reihen von Jahren ungemeine Wirkungen haben hervorbringen können. Er ist dadurch wirksam der Geringschätzung dieser in der Stille fortarbeitenden Agentien entgegengetreten und hat auch in seinem Vaterlande speciell das Verdienst, der stets von Neuem auf die Geologie mit den Büchern Mosis in der Hand anstürmenden Theologie entgegengetreten zu sein. In neuester Zeit hat sich Lyell mit Vorliebe den Forschungen, welche die jüngste Vergangenheit der Erde und das Erscheinen der Menschen auf derselben betreffen, zugewendet.

Wir hatten die Geschichte der Geologie in Frankreich bis zu §. 1670.
dem Auftreten der Schüler Werner's in diesem Lande verfolgt, und es liegt uns nun ob, die nähere Vergangenheit kurz zu erwähnen. Hier zeigt sich denn etwa gleichzeitig mit Smith in England eine Anbahnung derselben Richtung in der Geologie durch die Verbindung zweier Männer, deren Einer mehr die Versteinerungen der höheren Classen, der Andere diejenigen der niederen Wirbellosen und die eigentlich geologischen Verhältnisse berücksichtigte. Diese beiden Männer waren G. Cuvier und Alex. Brongniart. Beide studirten vereinigt die Umgebungen von Paris und erkannten, dass dieselben von der Kreide, sowie von den neueren Bildungen unterschieden werden müssten. Von Cuvier's unsterblichen Verdiensten um die Paläontologie wird später die Rede sein, während Brongniart seiner mehr geologischen Richtung wegen hier zu berücksichtigen ist. Brongniart war eigentlich der Entdecker der Tertiärgebilde, die er nicht nur in Frankreich, sondern auch in Italien verfolgte und durch ihre organischen Einschlüsse unterscheiden lehrte. Durch die Entdeckung von Fossilien sehr junger Formationen in den Alpen der Umgegend des Genfer-Sees (*Diablerets, Montagne des Fis*) gab Brongniart der Classification der alpinischen Gesteine eine ganz neue Richtung, und überhaupt verdankt man seiner Anregung die genauen Untersuchungen, welche in den letzten dreissig Jahren über die sämmtlichen Tertiärgebilde geführt wurden.

Die Bergwerksschule war unter Brochant de Villiers mit der §. 1671.
Anfertigung einer geologischen Karte Frankreichs beauftragt worden,

welche zwei jungen Männern, Dufrénoy und Elie de Beaumont, übertragen wurde. Diese Karte, obgleich vielfach irrthümlich, bildet heute noch die Basis aller neueren geologischen Arbeiten in Frankreich. Die Beschreibung dieser Karte umfasst in zwei starken Quartbänden bis jetzt nur die älteren Formationen bis zum Steinkohlengebirge, die Beschreibung einiger isolirter Gebirgsgruppen, namentlich der Vogesen, sowie die Trias und die jurassischen Gebilde. Dufrénoy hatte besonders das westliche Frankreich, E. de Beaumont aber die östliche Hälfte übernommen. Die weiteren Untersuchungen Beaumont's beziehen sich besonders auf die Alpen, den Aetna, den Cantal und Mont Dore, namentlich aber auf die weitere Ausbildung der mathematischen Seite der Geologie in den Hebungssystemen, deren Theorie er in der neuesten Zeit in so starr systematischer Weise ausgebildet hat, dass es Jedermann unmöglich wurde, ihm noch ferner auf diesem Gebiete zu folgen.

§. 1672. Die Stiftung der geologischen Gesellschaft von Frankreich im Jahre 1830 war deshalb besonders wichtig, weil dadurch ein gemeinsamer Centralpunkt für die Bestrebungen der französischen Geognosten und Paläontologen gebildet wurde. Die Gesellschaft dehnte sich bald über die ganze civilisirte Welt aus und stiftete durch die Herausgabe ihrer Memoiren und ihres Bulletins, sowie durch ihre jährlichen Versammlungen an verschiedenen Punkten inner- und ausserhalb Frankreichs wesentlichen Nutzen. Unter den neueren Geologen Frankreichs können wir besonders d'Archiac wegen seiner Untersuchungen über die Kreide- und Tertiärgebilde, sowie wegen seines vortrefflichen Werkes über die Fortschritte der Geologie nennen, ferner Verneuil, wesentlich mit Untersuchungen über die älteren Ablagerungen beschäftigt; V. Raulin, Sc. Gras, Rozet, Virlet d'Aoust, Daubrée, Collomb, Hébert, und besonders Fournet und Delesse, welche mehr die Gesteine in das Auge fassten. Eine vorragende Stellung nahm auch Constant Prévost ein, der besonders in Hinsicht der Tertiärgebilde und der Vulcane eigenthümliche, den Ansichten Lyell's nahekommende Meinungen oft siegreich vertheidigte.

§. 1673. Die Schweiz ist in jeder Beziehung, besonders aber in geologischer, eines der merkwürdigsten Länder des europäischen Continentes, indem sie nicht nur die Hauptmasse der Alpen, sondern auch den gegenüberstehenden Kamm des Jura in sich fasst und so auf einem kleinen Flächenraume sehr entgegengesetzte Hebungssysteme und Bergketten in scharf ausgesprochener Eigenthümlichkeit erkennen lässt. Indessen sind gerade diese beiden Gebirgsketten so wesentlich von einander verschieden, dass man fast die schweizerischen Geologen der neuern Zeit in zwei Gruppen theilen könnte, nämlich in die jurassischen und alpinischen Geognosten. Der erste Schritt zur genauern

Kenntniss der jurassischen Formationen und zur umständlichen Parallelisirung derselben war freilich in dem würtembergischen Jura durch den Grafen von Mandelslohe geschehen, während frühere Arbeiten von Peter Merian, Rengger u. A. die Eigenthümlichkeiten der jurassischen Ketten in der nördlichen Schweiz näher kennen gelehrt hatten. Vorzüglich der Erstere dieser Gelehrten hatte den wesentlichsten Einfluss auf das spätere Studium der jurassischen Bildungen, da er die einzelnen Formationen derselben, welche er namentlich in dem so vielfach zerrissenen Jura der Basellandschaft mit grosser Schärfe unterschied, so vollständig kennen lehrte, dass später die Parallelisirung derselben mit der englischen Gesteinsfolge sich von selbst ergab. Ihm folgte später Thurmann, der speciell den bernischen Jura näher beschrieb, die einzelnen Schichten durch die darin enthaltenen Versteinerungen charakterisirte, und besonders die Structur der Erhebungsdome und der Aufreissungsthäler in ihrer Gesammtheit kennen lehrte.

Einen weitern Schritt in der Kenntniss des Jura that Gressly in seinen Abhandlungen über den solothurner Jura, indem er besonders aus der Lebensweise der eingeschlossenen Fossilien auf die specielle Natur und die Art des Absatzes einer jeden Schicht zu schliessen suchte. Er umgrenzte auf diese Weise genau die Korallenriffe und Muschelbänke der verschiedenen jurassischen Formationen und wies nach, dass man in jeder derselben je nach den Versteinerungen und der Natur des Gesteines selbst ruhige Strandbildungen, Brandungsbildungen und Absätze aus seichten oder tiefen Seen unterscheiden könne, dass man sonach nicht nur die Grenzen des Meeres in jeder speciellen Epoche, sondern auch die übrigen Verhältnisse, unter welchen sich eine specielle Schicht gebildet habe, wieder herstellen könne. Zugleich wies Gressly mit ungemeiner Detailkenntniss nach, dass eine jede Schicht der jurassischen Formationen durchaus verschiedene Versteinerungen besitze, und es somit keine besonderen Leitmuscheln gebe, sondern ein jedes Petrefact für eine bestimmte Schicht charakteristisch sei. Die Arbeiten der späteren jurassischen Geologen, unter welchen besonders Jaccard, Lang, Mösch, A. Müller und in Hinsicht auf Orographie Desor zu nennen sind, ruhen wesentlich auf Gressly's Schultern.

In den alpinischen Untersuchungen schien mit Saussure's Untersuchungen Alles erschöpft zu sein, bis die Arbeiten v. Buch's und die daraus hervorgehenden Ansichten über das verhältnissmässig junge Alter der Alpen auch durch Brochant de Villiers und Elie de Beaumont eine erneuerte Stütze erhalten hatten. Vorher hatte Ebel Ansichten über die Structur der Alpen veröffentlicht, welche eben zu denjenigen Productionen gehörten, die man in den Zeiten der Naturphilosophie geistreich nannte. Bessere Untersuchungen gab zuerst §. 1674.

Lardy, der sich besonders die Umgebung des St. Gotthard zur speciellen Aufgabe seines Studiums wählte und von dieser eine auch noch in unserer Zeit brauchbare Karte lieferte.

Alle übrigen Forscher im Alpengebiete wurden jedoch zurückgelassen durch die Bestrebungen zweier Männer, welche auf gemeinschaftlichen Reisen alljährlich das Gebirge durchstreiften und die so verwickelten Structurverhältnisse desselben Schritt für Schritt mit ausgezeichneter Ausdauer verfolgten. Der ältere dieser Männer, Bernhard Studer, hatte zuerst in einer ausführlichen Monographie der Mollasse die Lagerungsverhältnisse dieser Formation bis in das Einzelnste verfolgt und namentlich das verhältnissmässig äusserst geringe Alter dieser Bildung nachgewiesen. In einer spätern Arbeit über die westlichen Schweizeralpen hatte Studer besonders die Gebirgsmasse des Wildhorns untersucht und nachgewiesen, dass an vielen Stellen die geschichteten Gesteine keilartig in den Granit eindringen, der sie von allen Seiten umgiebt. Das junge Alter vieler Glimmerschiefer der Alpen wurde durch das Vorkommen jurassischer Versteinerungen in denselben nachgewiesen.

Später beschäftigte sich Studer gemeinschaftlich mit A. Escher von der Linth während mehrer Jahre mit der Untersuchung der Alpen in Graubündten, wo beide Forscher die umfassendsten Metamorphosen der geschichteten Gesteine in krystallinische Gebilde nachwiesen, und dadurch die Basis zu einer ganz neuen Betrachtungsweise der alpinischen Gesteine überhaupt legten. Es wird durch diese Untersuchungen mehr und mehr wahrscheinlich, dass alle Gesteine der westlichen Alpen, ohne Ausnahme, selbst die granitischen Centralkerne aus metamorphosirten geschichteten Gesteinen hervorgegangen sind und dass die hebende Gebirgsart nirgends eigentlich zu Tage gekommen ist. Später ist aus den Anstrengungen der beiden verbündeten Forscher eine ausgezeichnete geologische Karte der Schweiz hervorgegangen, zu welcher Studer den beschreibenden Text geliefert hat, und es ist diese Arbeit um so dankenswerther, als sie ohne Unterstützung der Regierung nur den Privatbemühungen dieser Forscher und ihrer wissenschaftlichen Freunde entsprungen ist. In neuester Zeit wurde die geologische Detailkette der Schweiz durch eine Commission der naturforschenden Gesellschaft unternommen und gehören die Arbeiten von Theobald über Graubünden, Gerlach über das Wallis u. s. w. zu dem Ausgezeichnetsten, was wir besitzen. An diese Arbeiten schliessen sich dann die der geologischen Reichsanstalt Oesterreichs und das jeden Lobes werthe Werk von Gümbel über die baierischen Alpen, sowie die Untersuchungen von A. Favre über die Savoyer Alpen.

Eine ganz neue Seite wurde der Geologie abgewonnen durch die neueren Untersuchungen über die erratischen Erscheinungen, welche namentlich von der Schweiz aus mit regem Eifer betrieben wurden und in der gegenwärtigen Zeit eine Hauptfrage in der geologischen Wissenschaft bilden. Gegenüber der v. Buch'schen Theorie, welche die Findlinge durch gewaltige Ströme fortschaffen liess, hatte Venetz zuerst behauptet und durch Beobachtungen nachgewiesen, dass die Gletscher früher eine weit bedeutendere Ausdehnung gehabt hätten, als sie jetzt besitzen, und dass durch sie die Findlinge in entfernte Gegenden geschafft worden seien. Man hatte diese Ansicht unbeachtet gelassen, bis Charpentier sie von Neuem aufnahm und mit erweiterten Gründen zu unterstützen suchte. Die Behauptung Charpentier's, der durch eine ausgezeichnete Monographie der Pyrenäen seinen Ruf als Geologe begründet hatte, erregte grösseres Aufsehen, um so mehr, als er bald mehre andere schweizerische Geologen, namentlich aber Agassiz in Neufchatel, von der Richtigkeit seiner Behauptungen überzeugte. Charpentier selbst liess ein grösseres Werk über die Gletscher und die Findlinge des Rhonegebietes erscheinen, welchem ein ähnliches Werk von Agassiz unter dem Titel „Untersuchungen über die Gletscher" noch vorausging. Die Ansichten, welche wir in dem letzten Abschnitte des ersten Bandes und im Anfange des zweiten kürzlich auseinandergesetzt haben, wurden jetzt bald zu einer Streitfrage, die eine unendliche Literatur zur Folge hatte, und stets weiter greifende Untersuchungen veranlasste, unter welchen sich namentlich die von Agassiz durch grösseren Umfang auszeichneten. Diese Untersuchungen wurden in der Schweiz wesentlich gefördert durch Escher, Desor, Guyot und theils durch die Genannten, theils auch durch Martins, Durocher, Collomb, Gastaldi u. A. über die benachbarten Gebirgszüge und über den Norden beider Hemisphären ausgedehnt. Man kann jetzt mit Zuversicht behaupten, dass die Verhältnisse in der Schweiz so gründlich untersucht sind, dass kein Forscher dieselbe unüberzeugt verlassen haben wird. §. 1675.

Die geognostischen Bestrebungen der Italiener hatten sich besonders, wie dies nicht anders zu erwarten ist, mit den vulcanischen Erscheinungen ihres Vaterlandes beschäftigt. Uebrigens blieben diese Bestrebungen im Allgemeinen ziemlich vereinzelt, da der wissenschaftliche Verkehr Italiens mit den übrigen Ländern Europas noch immer nicht hinlänglich hergestellt ist, um gegenseitige Verständigung zu erzielen. Erst in der neueren Zeit schlossen sich die Italiener, besonders aber die norditalienischen Forscher dem Fortschritte der Wissenschaft an, und während Pasini besonders die Hebungserscheinungen in den lombardischen Alpen verfolgte, suchte de Colegno sämmtliche Beobachtungen über die geognostischen Verhältnisse Italiens in einer §. 1676.

übersichtlichen Karte zusammenzufassen, die manchen Widerspruch und Streitigkeiten veranlasste. Unter den neueren Forschern dürften besonders Pilla in Pisa, der in der Schlacht gegen die Oesterreicher fiel, sowie Sismonda in Turin hervorgehoben werden, welcher besonders die savoyischen Alpen zum Gegenstand seiner Forschnngen gewählt und vortreffliche Arbeiten nnd Karten darüber veröffentlicht hat. Ausser ihnen haben besonders Catnllo, Michelotti und de Zigno für die Formationen des nördlichen Italiens, Savi und Scacchi für diejenigen des südlichern Bedeutenderes geleistet. Von besonderer Wichtigkeit sind dann noch die Arbeiten Stoppani's und Omboni's über Norditalien, Capellini's über Toscana und Umbrien, Gastaldi's über Piemont n. s. w. Für Spanien sind besonders die Arbeiten von Vilanova, sowie von Vernenil und Collomb zn nennen, welche Letzteren eine Karte herstellten.

§. 1677. In Schweden nnd Norwegen wandten sich die geologischen Forschnngen der Natur des Landes nach weit mehr den Gesteinen nnd den Untersnchungen über die krystallinischen Gebilde zu. In mehr geologischer Richtnng sind besonders die Arbeiten von Keilhan in Norwegen, Hisinger in Schweden und Forchhammer in Dänemark zu nennen. Rnssland besass vor der jüngsten Gegenwart keine eigenen Kräfte, die der Erwähnung verdienen.

§. 1678. Ansserordentlich rege ist der Eifer, welcher in Nordamerika für geologische Forschnngen erwacht ist. Viele Staaten haben eigene Staatsgeologen angestellt, welche beauftragt sind, die Structur des Bodens zn erforschen, nnd wenn auch die Arbeiten von Lyell nnd Vernenil von Europa aus den ersten Anstoss hinübergetragen haben mögen, so sind doch von den beiden Gebrüdern Rogers, Conrad, Emmons, Dale Oven, Dana, Harlan, Silliman, Hitchcock, Whitney u. A. so ansgezeichnete Arbeiten erschienen, dass dieselben sich kühn an die Seite der enropäischen stellen dürfen.

Südamerika wurde bis jetzt nnr dnrch reisende Geognosten untersucht, unter welchen wir vorzugsweise Humboldt, Darwin nnd d'Orbigny nennen können. Nenseeland ist nns durch die ausgezeichneten Forschnngen Ferd. v. Hochstetter's genaner bekannt geworden; Australien durch Mantell, Leichardt u. A.

§. 1679. Wir haben in dem Vorhergehenden die Fortschritte der mehr geologischen Forschungen in den letzten Jahren kurz angedentet und dürfen znm Schlusse dieser Darstellung nur noch auf diejenigen Gegenstände aufmerksam machen, welche in der gegenwärtigen Zeit hauptsächlich von den verschiedenen Forschern in Betrachtnng gezogen werden. Die theoretischen Speculationen, dies können wir der Wissenschaft zn ihrem Lobe nachsagen, sind so ziemlich von der Tagesord-

nung verdrängt und nur von Zeit zu Zeit wird ein Versuch gemacht, dieselben zu erneuern. Die specielleren Untersuchungen der Geognosten sind wesentlich den Felsarten und deren Veränderungen zugewandt, und man kann in dem Studium derselben drei verschiedene Richtungen unterscheiden. Die Einen, wie besonders Daubrée, Sénarmont und Andere, suchen einzelne Mineralien auf künstlichem Wege herzustellen und dadurch die Entstehung der in der Natur vorkommenden Gemenge und einfachen Felsarten aufzuklären. Eine zweite Richtung, welche hauptsächlich die in der Natur gegebene Bildung und Zersetzung der Gesteine von chemischem Standpunkte aus in das Auge fasst, ist besonders durch Bischof's classisches Werk in umfassender Weise begründet und in umsichtiger Weise durch Tschermak weiter geführt worden, während andere Nachfolger dieser Richtung durch einseitige Auffassung auf Abwege geführt wurden. Eine dritte Untersuchungsmethode, die mikroskopische Beobachtung feiner Schliffe, ist von Sorby in das Leben gerufen, von Zirkel, Vogelsang, Fuchs weiter ausgebildet worden. Alle diese Untersuchungsmethoden laufen in dem Bestreben zusammen, die Bildungsgesetze der vorkommenden Felsarten zu ergründen, die complicirten Vorgänge zu erforschen, welche bei der allmäligen Umwandlung und Zersetzung der Felsarten in Wirksamkeit treten, und auf diese Weise die Geschichte darzustellen, welche sich in steter Zerstörung, Umsetzung und Neubildung der Gesteine abgespielt hat uud noch abspielt.

Mit diesen Studien über die Gesteino stehen die Untersuchungen §. 1680. über die Vulcane einerseits und die krystallinischen Massengesteine, sowie die metamorphischen Schiefer überhaupt im engsten Zusammenhange. Während die Laven und Tuffe früher von Bunsen, Sartorius v. Waltershausen, Abich, Delesse, neuerdings besonders von Stoppani und Fuchs gründlichen Untersuchungen unterworfen wurden, waren die vulcanischen Erscheinungen in ihrem Zusammenhange weitgehenden Discussionen anheimgefallen, denen vor allen Dingen die Theorie der Erhebungskrater L. v. Buch's unterlag. Lyell und Hartung hatten deren Unhaltbarkeit an den canarischen Inseln, den Azoren und Madeira nachgewiesen und die Untersuchungen von Sainte Clair-Deville, Fuchs, Roth, sowie die Versuche von Hochstetter und die Forschungen von Seebach an Santorin vollendeten den Sturz, aus welchem vielfache neue Ansichten über die Vulcane hervorgingen. Von Volger und nach ihm von Mohr wurde sogar eine Theorie aufgestellt, wonach die Entwickelung der vulcanischen Wärme nur auf Senkungen und die durch Einsturz bewirkte Freiwerdung dieser Wärme zurückgeführt wurde. In gleicher Weise und mit mehr Erfolg wurde von dieser Seite her die Entstehung vieler Erdbeben, die man früher allein durch vulcanische Kräfte hervor-

gebracht glaubte, auf innere Einsenkungen durch Wegführung löslicher Schichten zurückgeführt.

§. 1681. Wenn auf diese Weise die heutigen vulcanischen Erscheinungen schon mancherlei noch ungelöste Fragen aufwerfen liessen, so stehen sich hinsichtlich der älteren vulcanischen und metamorphischen Processe die Forscher noch schroffer gegenüber, so dass man fast zwei Lager unterscheiden könnte: die chemische Schule, welche nur von chemischen Grundlagen ausgehend, alle geologischen Beobachtungen über Lagerungsverhältnisse z. B. gänzlich von der Hand weisen möchte, und andererseits die geologische Schule, welche wieder den chemischen Processen nur höchst geringe Beweiskraft zugestehen möchte. Vom Basalt an bis zu dem Granit und von diesem bis zu den metamorphischen Schiefern giebt es wohl kein einziges Gestein, bei welchem diese Gegensätze nicht aufeinander platzten, ohne dass, bis jetzt wenigstens, endgültige Lösungen der dabei auftauchenden Fragen erfolgt wären. Dieselben werden offenbar auch erst dann erbracht werden, sobald Versuche in grossem Maassstabe, mit gewaltigen Massen und Mengen, angestellt werden, und zwar in der Art, dass nicht mit einfachen Körpern und Verbindungen, sondern mit eben solchen Mischungen experimentirt wird, mit welchen die Natur selbst operirt.

§. 1682. In den geologischen Untersuchungen der Versteinerungen führenden, geschichteten Ablagerungen tritt offenbar mehr und mehr das Bestreben hervor, die Untersuchungen in der Weise zu localisiren und zu begrenzen, dass die einzelnen Schichten in ihrer Aufeinanderlagerung mit einander verglichen werden. Von der Annahme scharf geschiedener Stockwerke, die als Ganzes und als Product einer in sich abgeschlossenen Zeitepoche aufgefasst werden, kommt man mehr und mehr zurück, um einzelne Zonen zu unterscheiden, die local durch hervorragende Versteinerungen sich charakterisiren, aber je nach dem Orte allmälig ihre Einschlüsse wechseln und nach oben wie unten ebenso nach und nach in andere Zonen übergehen. Man darf wohl sagen, dass man jetzt mehr dem allmäligen Werden, der langsam fortschreitenden Entwickelung seine Aufmerksamkeit zuwendet, während man früher nur das Gewordene in das Auge fasste und die Uebergänge zwischen einzelnen Schichten und Schichtengruppen, Systemen und Perioden fast gänzlich vernachlässigte oder höchstens als Ausnahmen gelten liess. Gegenwärtig sind gerade diese Uebergangsschichten wesentlicher Gegenstand der Forschung, so dass die Grenzen zwischen den einzelnen Formationen mehr und mehr verschwinden und die Continuität der ganzen Erdgeschichte in ihrer ununterbrochenen Ausbildung hergestellt wird. Aus diesen Beobachtungen ergeben sich denn von selbst geläuterte Anschauungen über die Bedingungen des Absatzes

der einzelnen Schichten, die Begrenzung der localen Faunen und Floren, die Fortdauer der Arten in der Zeit und ihre Verbreitung im Raume u. s. w. Wesentlich werden diese Forschungen unterstützt durch die Tiefsee-Untersuchungen, die mit grösster Energie in allen Meeren weitergeführt werden und über den Einfluss der Meeresströmungen, der Temperaturverbreitung am Grunde u. s. w. schon die bedeutendsten Resultate geliefert haben.

Ein fast neues Feld hat sich der Geologie in denjenigen Ablagerungen eröffnet, welche gewissermaassen das Grenzgebiet zwischen ihr und der menschlichen Geschichte darstellen. Während bis zu den Untersuchungen über Gletscher und Eiszeit die oberflächlichen Erdschichten zu den Stiefkindern gehörten, die man nur obenhin und nebenbei behandelte, ist jetzt das Interesse an den Höhlen und Knochenspalten, an Kies-, Sand- und Torfablagerungen, an den quaternären und obertertiären Bildungen durch die Auffindung von Menschenresten auf das Höchste geweckt worden, und täglich sehen wir neue Resultate beibringen, welche über diese Schichten Licht verbreiten. Es ist unmöglich, hier einzelne Namen zu nennen, da sich die Forscher mit Vorliebe in allen Ländern diesen Untersuchungen zugewandt haben, welche von den Einen mehr von archäologischer und culturhistorischer, von den Anderen mehr von geologischer und paläontologischer Grundlage aus betrieben werden. §. 1683.

Ausser diesen Gegenständen, welche besonders auf dem Continente Europas die Aufmerksamkeit der Forscher in Anspruch nehmen, ist die Untersuchung entfernterer Länder eine wesentliche Aufgabe der Geologen. Schon in Spanien und Russland geht uns die specielle Kenntniss der Details ab, welche wir von England, Frankreich, Deutschland, Skandinavien und Italien haben, und je weiter wir von diesen Ländern aus unsere Kreise ziehen, desto geringer und unbestimmter werden die Thatsachen, welche uns zu Gebote stehen. Aus diesem Grunde namentlich aber wird das geologische Studium noch lange Zeit in den Händen einzelner Bevorzugter bleiben, welche in den Stand gesetzt sind, weitere Reisen zu unternehmen. Der Geologe kann die Gegenstände seiner Untersuchung nun einmal nicht in sein Cabinet mit sich führen, sondern muss zu ihrer Untersuchung sich an Ort und Stelle begeben. Er ist vorzugsweise darauf angewiesen, reisender Naturforscher zu sein, und dies mag mit der Grund sein, weshalb bei der jetzigen vergleichenden Richtung der Geologie die deutschen Forscher in Betreff grösserer übersichtlicher Arbeiten zurückstehen, da ihre Verhältnisse meistens nicht der Art sind, dass sie längere und weitere Reisen unternehmen könnten, während Engländer und Amerikaner sich weitern Spielraum gönnen können. §. 1684.

§. 1685. In der Geschichte der Paläontologie kann man füglich zwei Epochen unterscheiden, nämlich einerseits die unwissenschaftliche Zeit, während welcher man sich vor Allem an das Wunderbare und Anffallende hielt und die Formen der einzelnen Versteinerungen ohne weitere vergleichende Untersuchungen, nur dem Zuge der Neugierde folgend, abzubilden und zu beschreiben suchte, und ferner die neuere wissenschaftliche Epoche, in welcher man einsah, dass nur genaues vergleichendes Studium der lebenden Geschöpfe Aufschlüsse über die fossilen Reste geben könne, und in welcher man zugleich die Wichtigkeit der Lagerungsverhältnisse und der genauen Bestimmung der Schicht, in der die Fossilien sich finden, bestimmter einsah und anffasste. Die älteren paläontologischen Werke und selbst viele aus der neuern Zeit sind wahrlich nur dadurch interessant, dass sie genaue Abbildungen von seltenen Versteinerungen liefern, die man nach den neueren Principien wieder erkennen und classificiren kann. So sehen wir denn während einer langen Zeit das Feld der Versteinerungen hauptsächlich in den Händen tüchtiger Zeichner und Maler, die zuweilen auch ganz richtige Ansichten über die Natur dieser Versteinerungen hatten, aber doch ihre speciellen Eigenthümlichkeiten nicht mit derjenigen Schärfe zu begründen wussten, wie es die Wissenschaft verlangen musste.

Dieser gleichsam pittoresken Periode der Wissenschaft gehören namentlich viele ältere Arbeiten aus Italien an, unter welchen besonders Scilla sich auszeichnete. Es hatten diese älteren Maler wenigstens das Verdienst, dass sie mit überzeugender Gewissheit nachwiesen, inwiefern die Versteinerungen nicht Erzeugnisse einer plastischen Kraft der Natur seien, sondern wirklichen Thieren angehörten, die mit den jetzt lebenden viele Aehnlichkeit hatten. In Deutschland sind die vorzüglichsten Repräsentanten dieser pittoresken Periode H. Knorr in dem vorigen, und v. Zieten in unserm Jahrhundert; — vieler Anderer nicht zu gedenken, die ohne weitere Kenntniss eben Alles zeichneten und malten, was ihnen unter die Hände kam. Es ist vielleicht nicht überflüssig, hier zu bemerken, dass gar viele dieser älteren Abbildungen trotz ihrer schönen Ausführung dennoch nur dann kenntlich sind, wenn sie Arten darstellen, die ganz ausgezeichnete Charaktere besitzen, während sie völlig unbrauchbar werden, wenn man nahe verwandte Species in ihnen zu unterscheiden sucht. Die feineren Merkmale nämlich, deren der Zoologe sehr oft bedarf, um verwandte Species von einander zu trennen, sind in solchen Abbildungen nur mangelhaft angegeben, und fehlen öfters gänzlich.

§. 1686. In der neueren wissenschaftlichen Periode der Petrefactenkunde können wir füglich wieder die grosse Menge der Bearbeiter in drei

Hauptgruppen vertheilen, je nachdem dieselben sich nämlich mit fossilen Pflanzen, mit wirbellosen Thieren oder mit Wirbelthieren beschäftigt haben. Es ist jetzt wohl allgemein anerkannt, dass eben nur die Botaniker, die Zoologen und die vergleichenden Anatomen von Fach berechtigt sind, in der Petrefactenkunde ein Wort mitzusprechen, und dass nichts dieser Wissenschaft mehr Schaden gebracht hat, als die Sammler, die Geologen und die Dilettanten, welche ohne gründlichere Vorbildung, ohne die genaueste Kenntniss der lebenden Natur sich mit den fossilen Pflanzen und Thieren beschäftigten. Es hat dies besonders deshalb Schaden gebracht, weil eben ohne die genaueste Kenntniss des jetzigen Standes der Zoologie und Botanik man unmöglich wissen kann, welche äussere Charaktere die wichtigeren, welche hin gegen die unwesentlicheren seien; — weil es ferner unmöglich ist, die oft so unvollkommenen Reste der fossilen Thiere genauer zu bestimmen, ohne ein Bild des ganzen Organismus, welchem sie angehörten, vor den Augen zu haben. Eine Menge geologischer Abhandlungen sind mit paläontologischen Notizen angefüllt, die für diese Wissenschaft durchaus unbrauchbar sind, und einen unbrauchbaren Ballast bilden, der immer von Neuem wieder nachgeschleppt werden muss.

Es wurde schon oben bemerkt, dass Lister hinsichtlich der fossi- §. 1687.
len Schalthiere der Erste war, welcher auf eine genaue vergleichende Untersuchung mit den jetzt lebenden Mollusken drang, und auf den Unterschied der versteinerten Thiere von den lebenden aufmerksam machte. Allmälig begannen die Conchyliologen in ihren zoologischen Systemen auf die Versteinerungen Rücksicht zu nehmen, doch wurde dies erst dann vollständig ausgeführt, nachdem Lamarck sich genauer mit den Versteinerungen der Umgegend von Paris beschäftigt hatte. Die Arbeiten Brongniart's und Smith's hatten auf die Wichtigkeit der genauern Bestimmung der Lagerung der Fossilien aufmerksam gemacht, und so ging von nun an die zoologische Bearbeitung mit der geologischen Hand in Hand. Lamarck selbst betrachtete die Versteinerungen in seinem Werke über die wirbellosen Thiere durchaus nur vom zoologischen Standpunkte aus, indem er ihre genaue Bestimmung als Species versucht und sie ihrer Verwandtschaft nach an den gehörigen Platz unter den lebenden Arten einreiht, ohne sich viel um ihre geognostische Lagerstätte zu kümmern.

Von den Nachfolgern und Schülern Lamarck's wurden nun na- §. 1688.
mentlich die Einschlüsse des Tertiärbeckens von Paris mit grosser Sorgfalt untersucht und genauer bestimmt. So entstanden die Arbeiten von Defrance und Deshayes, welcher Letztere namentlich die fossilen Muscheln und Schnecken des Pariser Tertiärbeckens sehr vollständig untersuchte. Eine spätere Arbeit von Deshayes ist diejenige über die Tertiärschichten im Allgemeinen, wo er in Verbindung mit

Lyell dieselben nach den Procenten der identischen Muscheln in drei Abtheilungen bringt. Die älteren Tertiärschichten sollen dieser Arbeit zufolge drei Procent lebender Muscheln enthalten, die mittleren etwa achtzehn Procent nnd die jüngsten Tertiärgebilde wenigstens dreissig Procent. In der neuesten Zeit werden diese Behauptungen vielfach bestritten, und es ist nicht zu bezweifeln, dass dieselben unter den Händen neuerer Bearbeiter gänzlich gefallen sind.

§. 1689. Aehnliche Arbeiten, wenn auch nicht so ausgedehnt als diejenige von Deshayes über das Pariser Tertiärbecken, führten Basterot über das Tertiärbecken von Bordeaux, Bronn, Bellardi und Michelotti über das Subapenninengebilde, Philippi über die sicilianischen neueren Formationen aus, so dass durch diese und die sehr bedeutende Arbeit von Brocchi über die Subapenninen-Versteinerungen die fossilen Muscheln der Tertiärzeit ziemlich bekannt sind. Die Tertiär-Versteinerungen Deutschlands, namentlich des Mainzer Beckens, sowie diejenigen der Mollasse sind zwar schon vielfältig untersucht, die Ergebnisse dieser Untersuchungen aber nur unvollständig bekannt geworden; so die Untersuchungen von Berendt über den Bernstein, A. Braun, Voltz, Sandberger und Anderen über das Mainzer Becken. Ueber die belgischen Tertiärformationen gaben besonders Dumont, Koninck und Nyst Nachricht; über diejenigen Podoliens Dubois de Montpéreux und Eichwald. Neuerdings ist wohl C. Mayer in Zürich der fruchtbarste Bearbeiter der gesammten Tertiärformationen.

§. 1690. Die Einschlüsse der secundären Formationen wurden besonders in England, später auch in Deutschland und der Schweiz genauer untersucht und zwar besonders mit Hinblick auf die einzelnen Formationen, die man nach dem Vorgange Smith's nnterschied. So lehrte Philipps namentlich die fossilen Muscheln des Jura und des Zechsteins, später auch diejenigen der älteren Uebergangsformationen in England kennen, Römer die Versteinerungen des norddeutschen Jura und der Kreide, Pusch diejenigen von Polen, Reuss die Versteinerungen der böhmischen Kreide, Geinitz diejenigen des sächsisch-böhmischen Kreidegebirges. Ausserdem bearbeiteten Quenstedt die würtembergischen, Graf Münster die Solenhofener, derselbe nnd Klipstein die Versteinerungen von St. Cassian, während Fitton in England und Morton in Nordamerika besonders die Kreideschichten in das Auge fassten.

§. 1691. Die Versteinerungen der Uebergangsgebilde, wie der ganzen paläozoischen Gruppe, haben besonders in der jüngsten Zeit, wo man die einzelnen Formationen strenger zu scheiden begann, viele Bearbeiter gefunden, worunter namentlich zu nennen sind: Dalman und Hisinger durch ihre Bearbeitungen der älteren schwedischen Fossilien; —

der paläontologische Theil von Murchison's *„Silurian system"*; — die Paläontologie von Russland von Murchison, E. de Vernenil und Graf Keyserling; die Arbeiten von Beyrich, Höninghaus, Steinberger, d'Archiac und de Verneuil, sowie diejenigen der Gebrüder Sandberger über die Versteinerungen der Rheingegenden. Das Werk von de Koninck über die Versteinerungen des belgischen Kohlenkalkes und endlich vor Allen die in Hinsicht des Textes wie der Tafeln gleich ausgezeichnete Monographie der böhmischen Silurformation von Barrande. Die monographische Arbeit von Hall über die Versteinerungen des Staates New-York, die auf Kosten der Regierung dieses Staates herausgegeben wurde, steht gewiss auf gleicher Höhe mit dem vorigen Werke.

Hinsichtlich der Behandlung einzelner Abtheilungen der fossilen Flora oder Fauna sind hier besonders folgende Werke zu nennen. — Den älteren Werken von Lindley und Hutton über die fossile Flora von Grossbritannien, von Adolph Brongniart und vorher noch von Sternberg über die fossilen Pflanzen im Allgemeinen schlossen sich an die umfassenden Arbeiten von Göppert und Unger, die Monographien von Schimper und Mougeot über die Pflanzen des bunten Sandsteines, von Germar über diejenigen des Wettiner Steinkohlengebirges, von Jäger über die Pflanzen des schwäbischen Keupersandsteines und in neuester Zeit die Arbeiten von Heer über die verschiedenen Tertiärfloren, besonders des Nordens, und von Saporta über diejenige des Südens von Europa. Die mikroskopischen Pflanzen wurden hauptsächlich in vielfältigen einzelnen Abhandlungen von Ehrenberg behandelt, der diese Organismen zu den Infusionsthierchen rechnet. Alles bis dahin auf diesem Felde Geleistete resumirt das vortreffliche, noch nicht ganz vollendete Werk von Schimper: *Paléontologie végétale.* §. 1692.

Die Rhizopoden, welche so wesentlich in die Bildung vieler neueren Erdschichten eingreifen, fanden vielfache und genaue Bearbeitung durch Ehrenberg, Reuss, besonders aber durch d'Orbigny, der sich derselben mit besonderem Eifer annahm. Die fossilen Korallen wurden von Michelin theilweise vortrefflich abgebildet, aber erst von Milne-Edwards und Haime in einer ausgezeichneten Monographie wissenschaftlich behandelt, während die Seelilien ausser dem ältern Miller einen neuern Monographen in d'Orbigny fanden. Die Seeigel wurden von Desmoulins, besonders aber von Agassiz und Desor in vortrefflichen Monographien bearbeitet, in welchen neben der genauen Unterscheidung der Arten, der lebenden wie der fossilen, auch namentlich die Lagerungsverhältnisse genau berücksichtigt wurden. Unter den Gliederthieren zogen vorzüglich die Crustaceen viele Bearbeiter an, unter den älteren Alexander Brongniart und Des- §. 1693.

marest, Hermann v. Meyer und Graf Münster; die Trilobiten fanden besonders zahlreiche Bearbeiter, unter welchen wir besonders Dalman, Emmrich, Burmeister und endlich ganz in der neuesten Zeit Barrande erwähnen. Nach den Arbeiten von Germar über die versteinerten Insecten Solenhofens und von Berendt über diejenigen des Bernsteins kamen in neuester Zeit die ausgezeichneten Untersuchungen von Oswald Heer über die Insecten der tertiären Formationen von Oeningen und Radoboy, sowie über diejenigen der Liasformationen des Aargaus, welche ein ganz neues Licht auf die Rolle dieser Classe in der Erdgeschichte überhaupt werfen.

Da die Bearbeitungen der meisten Mollusken und Cephalopoden mit denjenigen der Formationen selbst zusammenfallen, so erwähnen wir hier nur noch die Behandlungen der Brachiopoden durch L. von Buch, d'Orbigny und Davidson, diejenigen der Goniatiten und Clymenien von denselben und Graf Münster, sowie die Untersuchungen von Blainville, Voltz, d'Orbigny und Owen über die Belemniten.

§. 1694. Allgemeinere Werke über sämmtliche wirbellose Thiere, wo denn besonders die Mollusken einen vorzüglichen Platz einnehmen, besitzen wir von Parkinson und Sowerby über England, Goldfuss und ganz neuerdings Quenstedt über Deutschland, Hisinger über Schweden. Einige dieser Werke stellen sich mehr auf den geologischen Standpunkt, indem sie namentlich die Formationen berücksichtigen und die genauere Bestimmung der Schichten, in welchen sich die Versteinerungen vorfinden, während andere, wie namentlich Goldfuss, dessen Abbildungen besonders ausgezeichnet sind, sich mehr auf den zoologischen Standpunkt stellen und die genauere Bestimmung der Lagerungsverhältnisse vernachlässigen. Von allen diesen Werken, die zur genauern Bestimmung der fossilen Arten einen grossen bleibenden Werth haben, kann man indess nicht sagen, dass sie neue Gesichtspunkte in die Wissenschaft eingeführt, neue Richtungen in derselben angebahnt hätten. Es giebt indess einige Männer, welche wesentlichen Einfluss auf die Kenntniss der Versteinerungen dadurch ausübten, dass sie einzelne Classen kritisch bearbeiteten und entweder das bisher noch unbearbeitete Material in überraschender Vollständigkeit kennen lehrten, oder auch namentlich neue Gesichtspunkte aufstellten, nach welchen fernerhin auch in anderen Classen gearbeitet wurde.

§. 1695. Vor Allen ist hier der Meister der heutigen Geologie L. v. Buch zu nennen, der sich zuerst mit den Ammoniten, dann mit den Brachiopoden und besonders den Terebrateln genauer beschäftigte. Namentlich in der erstern Gruppe lehrte v. Buch die wesentlichen Charaktere kennen, die man vorher gänzlich übersehen hatte, und unterschied darnach Familien, welche zugleich eine überraschende Beziehung zu

der Verbreitung der Ammoniten in den Secundärschichten zeigen. Man kann dies Bestreben, die zoologische Classification mit der zoologischen Entwickelungsfolge in Einklang zu bringen, als einen wesentlichen Fortschritt in der Paläontologie betrachten.

Die Kenntniss der fossilen Wirbelthiere lag in früherer Zeit noch weit mehr im Argen als diejenige der wirbellosen Thiere, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil zur Bestimmung der fossilen Knochen und Zähne eine noch weit genauere Kenntniss des innern Baues der Thiere nöthig war, als zur Bestimmung der fossilen Muscheln und Schnecken. Eine wirklich wissenschaftliche Bearbeitung der fossilen Wirbelthiere datirt erst von dem Augenblicke an, wo Cuvier sich einer Bearbeitung derselben unterzog. Das Werk dieses ausgezeichneten Naturforschers über die fossilen Knochen ist unstreitig eines der schönsten Denkmäler, welche sich der menschliche Geist in den beschreibenden Naturwissenschaften gesetzt hat, und sein Einfluss nicht nur auf die Paläontologie, sondern auch auf die vergleichende Anatomie der lebenden Thiere noch jetzt unberechenbar. Cuvier begann zuerst mit der Untersuchung der fossilen Säugethierknochen, die sich in den Tertiärschichten des Pariser Beckens finden, und verfuhr in dieser Untersuchung in der Art, dass er die genaueste Vergleichung aller Einzelheiten im Baue der Knochen mit den Knochen verwandter lebender Thiere sich zur Aufgabe machte. Indem er so die Charaktere kennen lernte, welche verschiedenen Geschlechtern und Arten zukommen, konnte er sich mit Bestimmtheit darüber aussprechen, ob die fossilen Knochen einer lebenden oder ausgestorbenen Art, einem lebenden oder ausgestorbenen Geschlechte angehören. So ging dann als erstes allgemeines Resultat dieser bewundernswürdigen Arbeit der Grundsatz hervor, dass die fossilen Säugethierknochen alle ausgestorbenen Arten angehörten, und dass die Zahl der ausgestorbenen Geschlechter um so grösser werde, je weiter man in den Formationen zurückgreife. §. 1696.

Ein zweiter allgemeiner Grundsatz, den Cuvier aufstellte, ist in neuerer Zeit vielfach bestritten worden, obgleich er im Allgemeinen dennoch seine vollkommene Richtigkeit hat. Man kann diesen Grundsatz unter dem Namen der Correlation der Charaktere bezeichnen. Cuvier behauptete nämlich, die einzelnen Charaktere der Thiere bedingten sich wechselseitig in der Art, dass man aus dem Vorhandensein des einen derselben auf die übrigen schliessen könne. Eine gewisse Form der Zähne z. B. sollte, nach Cuvier, auch eine bestimmte Anordnung der Gliedmaassen des Rumpfes, des Schädels u. s. w. bedingen. Auf diesen Grundsatz gestützt, wagte Cuvier Conjecturen über Thiere, von welchen nur einzelne Bruchstücke bekannt waren.

Der Grundsatz an sich ist unleugbar vollkommen richtig. Ein reissendes Thier z. B., das seine Beute mit den Tatzen packen soll, wird niemals ganze oder einfach gespaltene Hufe besitzen. In der speciellen Anwendung aber erleidet dieser Grundsatz deshalb manche Ausnahmen, weil die speciellen Gruppen, die man bis jetzt aufgestellt hat, häufig durchaus nicht mit der Natur übereinstimmen, und deshalb Verbindungen von Charakteren existiren können, welche ausserhalb des Bereiches der jetzt bekannten Verbindungen fallen. Uebrigens erkannte Cuvier dies sehr wohl und wandte seinen Grundsatz nur sehr sparsam und in wenigen Fällen an, so dass der Missbrauch, den einige seiner Nachfolger trieben, ihm sicherlich nicht zur Last gelegt werden kann.

§. 1697. Das Werk von Cuvier, an welchem Laurillard der bedeutendste Mitarbeiter war, beschäftigt sich einzig mit den fossilen Säugethieren und Reptilien und erweckte natürlich den grössten Eifer für das Studium dieser beiden Classen. Alle nachfolgenden Bearbeiter fussten indess auf den Cuvier'schen Untersuchungen, und wenn sie auch hier und da Berichtigungen und vielfache Erweiterungen des Vorhandenen gaben, so kann man doch nicht behaupten, dass neue Richtungen von ihnen angebahnt worden wären, während die kritische Sichtung des Materials und die Menge desselben überhaupt durch sie einen ungemeinen Zuwachs erhielt. Unter den Nachfolgern Cuvier's für die Classen der Säugethiere können wir vorzüglich nennen Hermann von Meyer, Kaup, Goldfuss und Jäger, welche die fossilen Säugethiere Deutschlands genauer bearbeiteten. Schmerling untersuchte die Höhlenbewohner Belgiens, Bravard, Croizet, Jobert, Christol und in neuerer Zeit Blainville bearbeiteten die fossilen Säugethiere Frankreichs, und Letzterer namentlich wurde in den Stand gesetzt, die reichen Lager von Sansans zu seiner allgemeinen Osteographie zu benutzen. Die fossilen Säugethiere Brasiliens, im Allgemeinen so reich an abweichenden Formen, beutete besonders Lund aus, während die Säugethiere Neuhollands dem ausgezeichnetsten Kenner fossiler Säugethiere und Reptilien anheim fielen, den wir in der jetzigen Zeit kennen. Dieser Mann ist Richard Owen, in dessen Arbeiten wir den würdigsten Nachfolger Cuvier's erblicken müssen. Einzelne Arbeiten gaben Jäger und Plieninger über die fossilen Säugethiere Würtembergs, Falconer und Cautley über diejenigen der Sivalikhügel am Himalaya, Pomel, Gervais und Lartet über einzelne Ablagerungen in Frankreich.

§. 1698. Um die fossilen Reptilien machten sich ausser Cuvier noch die meisten eben erwähnten Forscher verdient. Geoffroy St. Hilaire untersuchte gleichzeitig mit Cuvier und im Widerspruche mit ihm die Teleosaurier des Jura; Bronn und Kaup später die fossilen

Gaviale des Lias, Sömmering und Goldfuss die Pterodaktylen; Jäger, H. v. Meyer und Plieninger die fossilen Reptilien Würtembergs; H. v. Meyer besonders noch viele einzelne Geschlechter aus allen Formationen; Conybeare und zuletzt noch Owen die Enaliosaurier; Mantell die fossilen Eidechsen des Wälderthons, über welche sowie über eine Menge neuer Reptilien aus anderen Gesteinen Englands und anderer Erdtheile, Owen und Huxley noch zuletzt sehr wichtige Untersuchungen anstellten.

Unter den fossilen Amphibien wurden besonders die Wickelzähner oder Labyrinthodonten von H. v. Meyer und Burmeister auf das Gründlichste beleuchtet. §. 1699.

Eine besondere Nennung unter den Arbeiten über fossile Wirbelthiere verdient noch die Monographie der fossilen Fische, welche Agassiz in einem umfassenden Werk und mehren Supplementen vollendet hat, und die gewiss als Bearbeitung einer einzelnen Classe einzig in ihrer Art dasteht. Die fossilen Fische verdienen in geologischer Hinsicht den ersten Platz unter allen Wirbelthieren, weil sie durch alle Formationen hindurch sich finden, während die übrigen Classen alle erst später in der Reihe der Formationen beginnen. Das Werk von Agassiz ist nicht nur an und für sich äusserst bemerkenswerth, weil es die vollständige Beschreibung aller bis jetzt bekannten fossilen Fische enthält, sondern auch, weil es zu allgemeinen Folgerungen Veranlassung gegeben hat, welche wirklich neue Richtungen in der Betrachtungsweise der fossilen Thiere begründen.

Erst die neuere Zeit hat durch die Entstehung einer Menge von Werken, welche mit der Paläontologie in ihrer Gesammtheit sich befassen, den Beweis geliefert, wie sehr das paläontologische Studium sich verallgemeinert hat. Offenbar hat die Lethäa von Bronn, welche bis jetzt in mehrfachen Ausgaben erschienen ist, hierzu wesentlich beigetragen, indem sie die charakteristischen Versteinerungen in guten Abbildungen mit genauen Beschreibungen versehen darstellte. Die geologischen Lehrbücher nehmen nach und nach immer mehr und mehr auf die Versteinerungen Rücksicht, welche entweder in Holzschnitten im Texte oder in besonderen Atlanten dargestellt wurden. Zu einer selbständigen Behandlung der Paläontologie als Lehrwissenschaft brach ein Werk von Pictet die Bahn, welches bald von ähnlichen Werken von Quenstedt, Giebel und Geinitz gefolgt wurde und in zweiter Auflage erschienen ist. d'Orbigny, der in seiner ausgezeichneten *Paléontologie francaise* die fossilen Mollusken und Strahlthiere der französischen Secundärschichten vortrefflich beschrieben und abgebildet hatte, war durch umfassende Untersuchungen zu der jetzt als unhaltbar erkannten Ansicht gekommen, dass jede einzelne Formation eine §. 1700.

genau getrennte Schöpfungsepoche darstelle, welche keine Versteinerungen mit den benachbarten gemein habe. Diesen Gedanken, welcher für die Unterscheidung vieler verwandter Arten äusserst fruchtbringend war und zugleich zu genauerer Sichtung der untergeordneten Formationsgruppen anspornte, suchte er in seinem Elementarwerke über stratigraphische Geologie und Paläontologie durchzuführen.

§. 1701. Besonderer Erwähnung verdienen hier noch zum Schlusse zwei Sammelwerke, welche den Standpunkt der Paläontologie in der Neuzeit insofern resumiren, als sie eine Aufzählung sämmtlicher bis jetzt beschriebenen Versteinerungen nebst ihren Synonymen und Citaten beabsichtigen. Das eine dieser Werke von Bronn mit Beihülfe von Göppert und Hermann v. Meyer bearbeitet, liefert unter dem Namen „*Enumerator*“ eine systematische Zusammenstellung der Arten mit Angabe ihres Vorkommens, unter dem Namen „*Nomenclator*“ eine Liste in alphabetischer Ordnung mit Angabe der Citate und Synonyme. d'Orbigny, der das andere dieser Werke unter dem Namen „*Prodrome*“ bearbeitet hat, hat als Princip der Eintheilung die einzelnen Formationen anerkannt und zudem nur die fossilen Thiere von unten auf bis zu den Cephalopoden bearbeitet. Beide Werke tragen in hohem Grade den eigenthümlichen Stempel der Nation, der sie angehören. Während das eine keck durchgreift, fast überall eine mangelnde Kenntniss der Leistungen des Auslandes bekundet und sich eine Menge Verstösse zu Schulden kommen lässt, aber dafür durch übersichtliche Anordnung und gefälligen, wohl berechneten Druck dem Arbeiter eine grosse Leichtigkeit gewährt, bietet das andere bei confusem Drucke auf schlechtem Löschpapier eine ungeheure Masse von Material, das aber grösstentheils der kritischen Sichtung entbehrt. Eine in anderen Ländern ganz unerreichte Sammlung von einzelnen Monographien bilden aber die in Cassel erscheinenden „*Palaeontographica*“ von Duncker. Nicht minder müssen wir auf solche Werke aufmerksam machen, welche, wie die „Urwelt der Schweiz“ von Heer, die Schilderung einzelner Länder in den verschiedenen geologischen Epochen sich zum Vorwurfe machen.

§. 1702. In neuerer Zeit hat in Folge des Auftretens der Darwin'schen Lehre eine durchaus veränderte Richtung der Paläontologie Platz gegriffen, deren Einfluss sich auch diejenigen Forscher nicht entziehen können, welche der genannten Theorie feindselig gegenüber stehen. Während die Cuvier'sche Richtung nur die Unähnlichkeiten und Aehnlichkeiten der fossilen Thiere und Pflanzen im Vergleiche zu anderen Versteinerungen und zu den jetzt lebenden Arten aufsuchte und daraus eine ideale Verwandtschaft herleitete, hatten schon die Lyell'schen Ansichten über die ununterbrochene Continuität der Erdentwickelung auf den Gedanken leiten müssen, dass auch in Hinsicht auf die Form-

gestaltnng der Thier- und Pflanzenwelt die gleiche Fortbildnng stattgefunden haben müsse. Indessen wurde erst dnrch nnd seit Darwin der Grnndsatz genaner und bestimmter dahin formulirt, dass die organischen Formgestalten jedes späteren Zeitabschnittes nothwendig die directen Nachkommen der Typen des nnmittelbar vorhergehenden Zeitabschnittes sein müssten, dass also die Aehnlichkeiten den wirklichen Grad von Blutsverwandtschaft zwischen den einzelnen Stämmen und Zweigen der Organismen darstellten. Der Nachweis dieses Satzes ist freilich in den meisten Fällen kaum zn erbringen, da einerseits die Zwischenformen, welche die Phasen der Umbildung darstellen, höchst selten sind, und andererseits die kurze Zeit, innerhalb welcher die Formveränderungen in Folge der Einwirknng änsserer Einflüsse stattgefunden haben mögen, nur höchst geringe Ablagerungen hinterlassen hat, welche sich meistens sogar der Beobachtnng gänzlich entziehen. Es mag deshalb wohl verfrüht erscheinen, jetzt schon Stammbänme der jetzt lebenden Organismen aufstellen zu wollen, wie Häckel in seiner „Geschichte der Schöpfung“ thut — aber jedenfalls ist die nene Anschauung geeignet, eine vollständige Umwälzung in der Art und Weise herbeizuführen, mit welcher man die Versteinernngen untersncht und ihre Verwandtschaftsbeziehnngen erörtert. Es darf also nicht verwundern, wenn selbst die Bekämpfnng der Darwin'schen Ansichten der Wissenschaft nene nnd nnerwartete Resultate bringt.

Alphabetisches Namen- und Sachregister

des

ersten und zweiten Bandes.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

H.

I.

J.

K.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

T.

V.

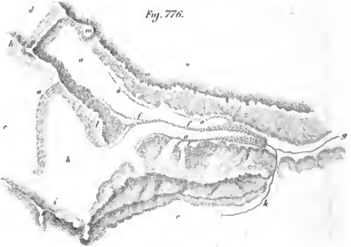
W.

X.

Y.

Taf. 1.

Fig. 776.



Karte des Unteraargletschers.

a. Firnfeld des Lauteraar. b. Firnfeld des Finsteraar. c. Firnfeld des unteren Grindelwaldgletschers. d. Firnfeld des oberen Grindelwaldgletschers. e. Oberaargletscher. f. Mittelmoräne. g. Aarfluss. h. Schreckhorn. i. Finsteraarhorn. k. Oberaarbach. l. Abschwung. m. Ewigschneehorn. n. Strahleck. o. Seitenmoränen.

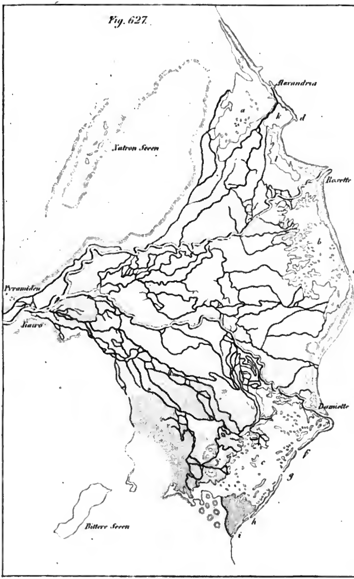
Fig. 780.



Der Vieschgletscher
im Kanton Wallis, an dem südlichen Abhange des Finsteraarhornkammes.

a. a. Die Mittelmoräne. b. Das Finsteraarhorn. c. Das Firnfeld, welches den Gletscher ernährt und sich weit hinter den Felskämmen, die den Gletscher einschliessen hinzieht.

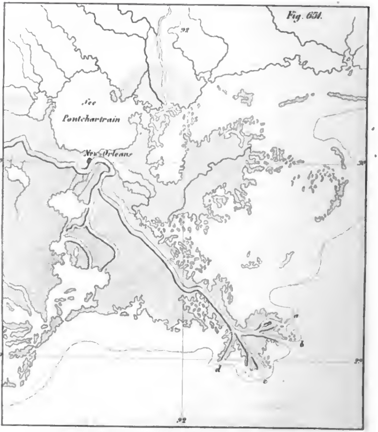
Fig. 627.



Delta des Nil.

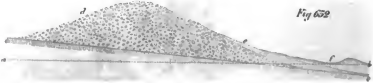
a See Mareotis. b. See Burlos. c. See Mansaleh. d. Canope. e Mündung von Burlos. f Mündung von Dibeh. g Mündung von Gemileh. h. Mündung von Omm Fareg. i. Mündung von Tyneh. k. See Madieh. l. See Edku.

Das den Ueberschwemmungen ausgesetzte Land ist fein punctirt.



Delta des Missisipi.

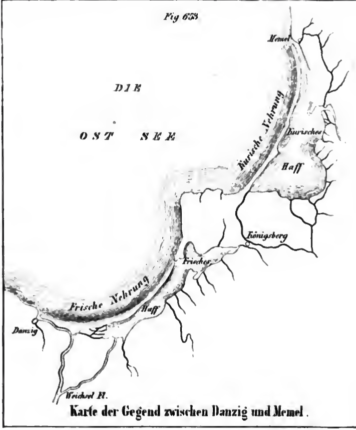
a. Nord-Ost Mündung. b. Süd-Ost Mündung. c. Süd Mündung. d. Süd West Mündung ---- Linie von 10 Metern Tiefe.



Durchschnitt eines Uferwalles.

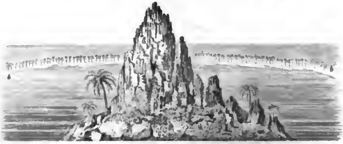
a b Meeresniveau c c Boden der Küste. d Anhäufung grösserer Gerölle e Sand am Fusse des Walles. f Das Meer.

Fig 658



Karte der Gegend zwischen Danzig und Memel.

Fig 659



Ansicht der Insel Bolabola im stillen Ocean.

a Der mittlere Felsen b Das umzäunende Corallenriff

SYSTEMATISCHES INHALTSVERZEICHNISS

DES

ZWEITEN BANDES.